อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การประเมินวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน (ระยะที่ 1)

Life Cycle Assessment of Biomass Community Based Power Plant (Phase 1)

โดย

ดร.ประพิธาร์ ธนารักษ์ และคณะ

สิงหาคม 2556

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 17 มิ.ย. 2558
เลขทะเบียน 1-6784276
เลขเรียกหนังสือ 2 TP 339 ป3275 2556

สัญญาเลขที่ R2556B014

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การประเมินวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน (ระยะที่ 1)

ดร.ประพิธาร์ ธนารักษ์
นายวิกานต์ วันสูงเนิน

สังกัดวิทยาลัยพลังงานทดแทน

สนับสนุนโดยงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร

ทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์ตลอดวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลด้วยระบบแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) ที่มีกำลังผลิตไฟฟ้าขนาด 10 kW แบบอากาศไหลลง (Down draft) ซึ่งประกอบด้วยเตาแก๊สซิไฟเออร์ (Gasifier) การทำความสะอาดแก๊ส (Gas Cleaning) และเครื่องยนต์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Engine + Generator) โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Lice Cycle Assessment) ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ จนถึงการผลิตไฟฟ้า และการกำจัดซาก พบว่า ช่วงการจัดหาวัตถุดิบและประกอบชิ้นส่วนมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด คือ 4,014.89 คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$) หรือคิดเป็นร้อยละ 88.77 โดยขั้นตอนการเตรียมเชื้อเพลิง การใช้งาน การขนส่ง และการกำจัดซาก มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 475.67 $kgCO_2eq$, 27.42 $kgCO_2eq$, 2.74 $kgCO_2eq$ และ 1.95 $kgCO_2eq$ ตามลำดับ โดยมีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งสิ้น 4,522.6793 $kgCO_2eq$ หรือ 0.0571 $kgCO_2eq/kWh$ หรือ ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ (Net CO_2 emission) เท่ากับ -35,972.28 $kgCO_2$ ต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าประจำปี 2553 โดยใช้วิธีการคำนวณตาม Methodological Tool (Version 02.2.1) "Tool to calculate the emission factor for an electricity system" ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 0.5113 $kgCO_2/kWh$ ส่วนต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตมีค่า 2,556,849.11 บาท หรือ 381,045.92 บาทต่อปีและคิดเป็นต้นทุนการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 84.25 บาท/ $kgCO_2eq$ อย่างไรก็ตามระบบแก๊สซิฟิเคชั่นในปัจจุบันมีการใช้เชื้อเพลิงจากการปลูกพืชพลังงาน เช่น หญ้าเนเปียร์ กระถินยักษ์ ซึ่งในการวิจัยนี้ยังไม่ได้คำนวณเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าซึ่งตามทฤษฎีจะตัดออก (Cut Off) แต่หากเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลที่ปลูกเพื่อเป็นพลังงานจะต้องนำมาคำนวณด้วย และยังไม่ได้รวมสารขาออก เช่น ผลกระทบทางอากาศ น้ำเสีย เศษขี้เถ้า นอกจากนี้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นที่ใช้ในการศึกษาอาจเป็นเทคโนโลยีเฉพาะทางและศึกษาเพียงสารที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนไม่ได้รวมผลกระทบด้านอื่นๆ ซึ่งผู้วิจัยจะมีการศึกษาในโครงการวิจัยต่อไป

Abstract

This research aims to study the life cycle assessment as an environment and economic impact of electricity generation from 10 kW down draft gasification technology. The technology consists of gasifier, gas cleaning, engine and generator by life cycle assessment method with product, process or activities. The result presents that material procurement and assembling process has highest CO_2 emission about 4,014.89 kgCO_2eq while preparation of fuel, transportation and recycle disposal are 475.67 kg CO_2eq, 27.42 kg CO_2eq, 2.74 kg CO_2eq and 1.95 kg CO_2eq, respectively. An electricity emission is 4,522.6793 kgCO_2eq or 0.0571 kg CO_2eq/kWh while net CO_2 emission is -35,972.28 kg CO_2eq/year. The comparison with emission factor for an electricity system in Thailand 2010 by using Methodological Tool (version 02.2.1) "Tool to calculate the emission factor for an electricity system" which has emission factor for an electricity system is 0.5113 kg CO_2eq/kWh. The life cycle cost analysis (LCCA) is 2,556,849.11 baht or 381,045.92 baht/year and the cost of CO_2 emission was 84.25 baht/kg CO_2eq. However, the present of gasification technology used fuel by made from energy crops such as Napier grass and Giant Leucaena leucocephala. In the study didn't calculate biomass which used in producing of electricity. In theory, it will cut off, but the biomass that was planted for energy, will calculate and included in out bound such as pollution, sewage and ashes. Besides, gasification technology in this study might be especial technology, it has just studied in compounds which was Global Warming, didn't include in other effect. Researcher will study this topic in the next project.

บทสรุปผู้บริหาร (Executive Summary)

การดำรงชีวิตของมนุษย์จำเป็นต้องพึ่งพาพลังงานในการผลิตสินค้าสำหรับอุปโภคและบริโภค การคมนาคมขนส่ง การประกอบธุรกิจ การทำการเกษตร ฯลฯ พลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นพลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuel) ซึ่งนอกจากจะมีอยู่จำกัดแล้ว การเปลี่ยนรูปเชื้อเพลิงให้เป็นพลังงานเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ ยังก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ของโลก และยังส่งผลกระทบอื่นๆ อีก เช่น ไฟไหม้ป่า น้ำท่วม ภัยแล้ง เป็นต้น อย่างไรก็ตาม พลังงานมีความจำเป็นต่อการพัฒนาด้านเศรษฐกิจและความสะดวกสบายในการดำรงชีพ ดังนั้นการแสวงหาเชื้อเพลิงใหม่เพื่อทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล โดยไม่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง ไฟฟ้าเป็นพลังงานที่มีความสำคัญ เป็นส่วนหนึ่งของการดำรงชีวิตและการพัฒนาประเทศ การใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยนั้นยังมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด ด้วยเหตุนี้ทำให้เกิดแนวคิดในการวิจัยเรื่องการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าชีวมวล เพื่อให้ทราบปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซเรือนกระจก ในช่วงขั้นตอนก่อนการใช้งาน การผลิต การกำจัดซากหรือตลอดวัฏจักรของการผลิตไฟฟ้า แม้ว่าการนำชีวมวลที่เหลือทิ้งทางการเกษตรมาผลิตไฟฟ้านั้น ทำให้ลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะมลพิษทางอากาศได้ส่วนหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตาม กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลนั้น มีขั้นตอนต่างๆ มากมาย ซึ่งโดยภาพรวมนั้นอาจจะลดปัญหาด้านมลพิษทางอากาศ เนื่องจากลดการเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรลง แต่ขั้นตอนระหว่างการกระบวนการผลิตไฟฟ้านั้นอาจก่อให้เกิดมลพิษได้ ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์และประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล เพื่อนำมาพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิต สู่ความยั่งยืนของพลังงานและสิ่งแวดล้อมให้กับประเทศต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. เพื่อศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลด้วยระบบแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification)
2. เพื่อศึกษาผลกระทบทางด้านเศรษฐศาสตร์ตลอดวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลด้วยระบบแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification)

โดยคาดหวังว่า ประโยชน์ที่จะได้รับ คือ

1. เข้าใจถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลด้วยระบบแก๊สซิฟิเคชั่น

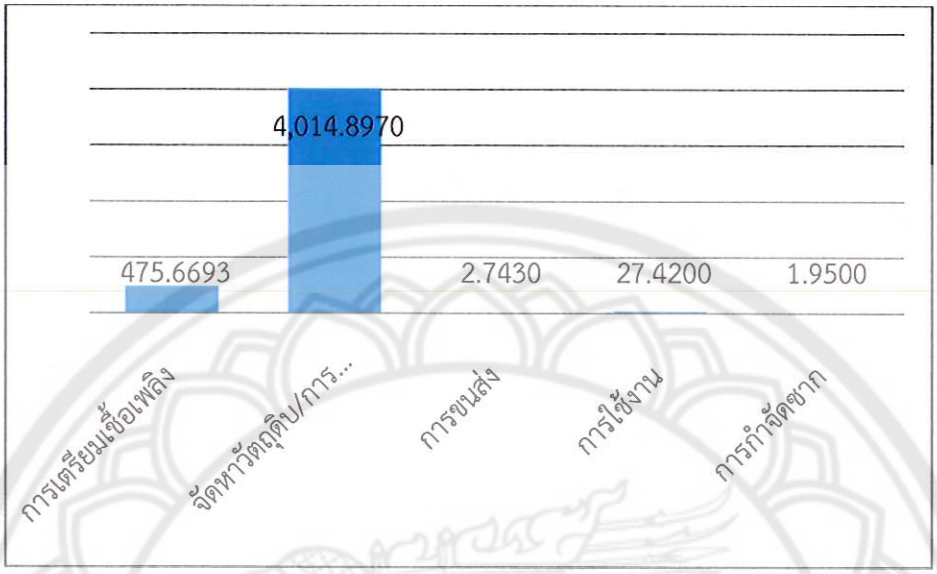
2. สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปประกอบการตัดสินใจในการเลือก และปรับปรุงกระบวนการหรือระบบการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจในการลงทุนสำหรับการหาพลังงานทดแทนในอนาคต
3. สามารถนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์เปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมกับกระบวนการผลิตไฟฟ้าด้วยวิธีอื่นๆ ได้ เช่น การผลิตไฟฟ้าจากพลังงาน การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ หรือแม้แต่การผลิตไฟฟ้าเชื้อเพลิงฟอสซิส และถ่านหิน เพื่อศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแต่ละวิธี เพื่อใช้เป็นแนวทางพัฒนากระบวนการผลิตไฟฟ้าในอนาคตต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัยนี้จะดำเนินงานตามขั้นตอนของการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) ของ ISO 14040 ดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล พร้อมกำหนดขอบเขตการวิจัย
2. ตรวจวัดสารเข้าและสารออก เพื่อนำมาจัดทำบัญชีรายการซึ่งจะวัดปริมาณเชื้อเพลิงและน้ำที่ใช้
3. จัดทำบัญชีรายการ เพื่อนำมาประเมินผบกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ของการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล
4. การวิเคราะห์บัญชีรายการ
5. แปรผลการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์
6. สรุปผลการประเมินวัฏจักรชีวิต

ผลการศึกษาการประเมินการได้มาของเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) แบบอากาศไหลลง (Down draft) ในงานวิจัยนี้สามารถใช้บ่งชี้ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นเฉพาะประเด็นด้านการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) เท่านั้น หรือการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้น (Carbon Footprints) โดยคำนวณสารเข้า และสารออก ซึ่งเป็นขอบเขตการศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลตลอดวัฏจักรชีวิต ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ จนถึงการผลิตไฟฟ้า และการกำจัดซาก พบว่า ช่วงการจัดหาวัตถุดิบและประกอบชิ้นส่วนมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด คือ 4,014.89 คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$) หรือคิดเป็นร้อยละ 88.77 โดยขั้นตอนการเตรียมเชื้อเพลิง การใช้งาน การขนส่ง และการกำจัดซาก มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 475.67 $kgCO_2eq$, 27.42 $kgCO_2eq$, 2.74 $kgCO_2eq$ และ 1.95 $kgCO_2eq$ ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 10.52, 0.61, 0.06 และ 0.04 ตามลำดับ

(หน่วย: $kgCO_2eq$)



ภาพการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าตลอดวัฏจักรชีวิตของระบบฯ

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นขนาด 10 kW มีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ 4,522.68 $kgCO_2eq$ หรือ 0.0571 $kgCO_2eq/kWh$ หรือปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ (Net CO_2 emission) เท่ากับ -35,972.28 $kgCO_2$ ต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าประจำปี 2553 โดยใช้วิธีการคำนวณตาม Methodological Tool (Version 02.2.1) "Tool to calculate the emission factor for an electricity system" ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 0.5113 $kgCO_2/kWh$ ส่วนค่าEmission Factor ตามประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม พบว่า ระบบไฟฟ้ามีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.6093$kgCO_2/kWh$ รวมต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต 2,556,849.11 บาท หรือ 381,045.92บาทต่อปีและคิดเป็นต้นทุนการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 84.25 บาท/ $kgCO_2eq$ อย่างไรก็ตามระบบแก๊สซิฟิเคชั่นในปัจจุบันมีการใช้เชื้อเพลิงจากการปลูกพืชพลังงาน เช่น หญ้าเนเปียร์ กระถินยักษ์ ซึ่งในการวิจัยนี้ยังไม่ได้คำนวณเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าซึ่งตามทฤษฎีจะตัดออก (Cut 0ff) แต่หากเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลที่ปลูกเพื่อเป็นพลังงานจะต้องนำมาคำนวณด้วย และยังไม่ได้รวมสารขาออก เช่น ผลกระทบทางอากาศ น้ำเสีย เศษขี้เถ้า นอกจากนี้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นที่ใช้ในการศึกษาอาจเป็นเทคโนโลยีเฉพาะทางและศึกษาเพียงสารที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนไม่ได้รวมผลกระทบด้านอื่นๆ ซึ่งผู้วิจัยจะมีการศึกษาในโครงการวิจัยต่อไป

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**บทนำ**	1
	ที่มาของการวิจัย	1
	วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	3
	ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
	กรอบแนวความคิด	4
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เช่น การเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	5
	แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย	5
2	**ทฤษฎีและเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	6
	นิยามของการประเมินวัฏจักรชีวิต	6
	ขั้นตอนของการประเมินวัฏจักรชีวิต	7
	การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment : LCIA)	16
	การแปลผลการศึกษา (Life Cycle Interpretation)	19
	การผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลด้วยกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น	20
	การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม	22
	ทฤษฎีเศรษฐศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง	24
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25
3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	34
	วิธีการดำเนินการวิจัย	34
	การประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์	42
	การคำนวณหาปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ (Net CO2 emission)	43

บทที่		หน้า
4	ผลการศึกษา	44
	ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ (Net CO2 emission)	48
5	วิจารณ์และสรุปผลการศึกษา	49
	สรุปผลการวิจัย	49
บรรณานุกรม		51
ภาคผนวก		54

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่กำหนดให้เกิดได้สูงสุด (Maximum Eco-load Value: MEV).....	12
2	แสดงตัวอย่างในการกำหนดค่าภาระทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น Pi.....	12
3	แสดงค่า Pi และ ELMi ของวัฏจักรชีวิต.....	13
4	แสดงมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงงาน.....	24
5	บัญชีรายการและค่าแฟคเตอร์การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงการขนส่งวัตถุดิบ/การ.....	38
6	บัญชีรายการและค่าแฟคเตอร์การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงการจัดหาวัตถุดิบและประกอบชิ้นส่วนของเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น.....	39
7	บัญชีรายการและค่าแฟคเตอร์การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของช่วงการขนส่งเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น.....	40
8	บัญชีรายการและค่าแฟคเตอร์การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงการใช้งาน..	41
9	บัญชีรายการและค่าแฟคเตอร์การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงการกำจัดซาก.....	41
10	รายการค่าใช้จ่ายของเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น 10 kW.....	43
11	ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงการขนส่งวัตถุดิบ/การเตรียมเชื้อเพลิง.....	44
12	ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงการจัดหาวัตถุดิบ/การประกอบชิ้นส่วน.....	45
13	ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงการขนส่งเทคโนโลยีฯ.....	45
14	ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงการใช้งาน.....	46
15	ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงการกำจัดซาก.....	46
16	การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต.....	47
17	การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าตลอดวัฏจักรชีวิตของระบบฯ.....	49

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แต่ละภาคเศรษฐกิจ.....	2
2	ขั้นตอนที่ 1 การจัดหาวัตถุดิบ.....	3
3	ขั้นตอนที่ 2 การผลิตไฟฟ้า.....	3
4	แสดงกรอบแนวความคิด และขอบเขตการวิจัย LCA ของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน.....	4
5	กรอบการดำเนินงาน LCA ตามขั้นตอนมาตรฐาน ISO 14040.....	7
6	การกำหนดขอบเขตของระบบที่ศึกษา.....	8
7	การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม.....	9
8	แผนผังแสดงการทำมาตรฐานในการหาค่าภาระสิ่งแวดล้อม.....	11
9	การจำแนกสารตามประเภทของผลกระทบ.....	18
10	กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น.....	21
11	ขั้นตอนการทำวิจัย.....	34
12	แสดงกรอบแนวความคิด และขอบเขตการวิจัย LCA ของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน.....	36
13	เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น ขนาด 10 kW.....	37

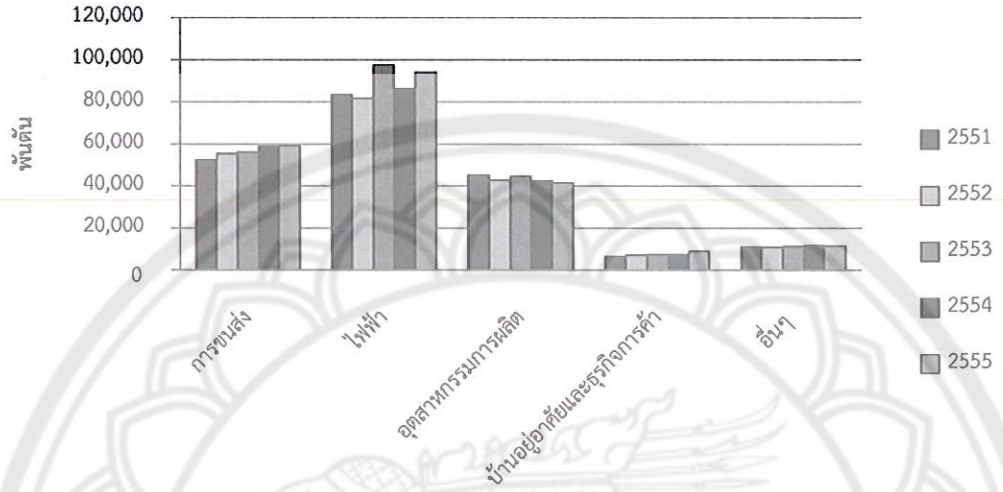
บทที่ 1

บทนำ

ที่มาของการวิจัย

ปัจจุบันการดำรงชีวิตของมนุษย์ จำเป็นต้องพึ่งพาพลังงานในการผลิตสินค้าสำหรับอุปโภคและบริโภค การคมนาคมขนส่ง การประกอบธุรกิจ การทำการเกษตรต่างๆ ฯลฯ พลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นพลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuel) ซึ่งนอกจากจะมีอยู่จำกัดแล้ว การเปลี่ยนรูปเชื้อเพลิงให้เป็นพลังงานเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ ยังก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ของโลก และยังส่งผลกระทบอื่นๆ อีก เช่น ไฟไหม้ป่า น้ำท่วม ภัยแล้ง เป็นต้น อย่างไรก็ตาม พลังงานมีความจำเป็นต่อการพัฒนาด้านเศรษฐกิจและความสะดวกสบายในการดำรงชีพ ดังนั้นการแสวงหาเชื้อเพลิงใหม่เพื่อทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล โดยไม่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง ไฟฟ้าเป็นพลังงานที่มีความสำคัญ เป็นส่วนหนึ่งของการดำรงชีวิตและการพัฒนาประเทศ ปัจจุบันนี้ประเทศไทยมีการผลิตไฟฟ้าส่วนใหญ่มาจากก๊าซธรรมชาติ ซึ่งมีขีดจำกัดในการผลิต และไม่เพียงพอต่อการใช้งาน มีปริมาณการใช้พลังงานที่สูงกว่า 100,000 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบต่อปี ซึ่งเมื่อเทียบกับพลังงานที่ผลิตได้ต่อปีไม่เกิน 80,000 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ จะเห็นได้ว่า การใช้พลังงานของประเทศมีมากกว่าพลังงานที่ผลิตได้ ดังนั้น การหาแหล่งพลังงานหรือเทคโนโลยี เพื่อเพิ่มผลการผลิตหรือ ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอต่อการใช้งานเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมาก กระทรวงพลังงานได้กำหนดแผนพัฒนาพลังงานทดแทน (Alternative Energy Development Plan: AEDP) โดยมีเป้าหมายการใช้พลังงานทดแทน 25% ของการใช้พลังงานทั้งหมดภายในปี 2564 และมีสัดส่วนของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน 10% จากรายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทยปี 2554 [1] พบว่า กำลังผลิตติดตั้งไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนมีปริมาณรวม 2,157 เมกะวัตต์ เพิ่มขึ้นจากปี 2555 ร้อยละ 14.7 โดยพบว่ามีกำลังการผลิตติดตั้งไฟฟ้าจากชีวมวลมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 82.6 รองลงมา ได้แก่ ก๊าซชีวภาพ พลังน้ำขนาดเล็ก พลังงานแสงอาทิตย์ ขยะ และพลังงานลม คิดเป็นร้อยละ 7.3, 4.4, 4.2, 1.2 และ 0.3 ตามลำดับ

การผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาทดแทน หรือ เพิ่มศักยภาพการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยได้มากขึ้น



ภาพที่ 1 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แต่ละภาคเศรษฐกิจ [2]

อย่างไรก็ตาม จากภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยนั้นยังมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด ด้วยเหตุนี้ทำให้เกิดแนวคิดในการวิจัยเรื่องการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล เพื่อให้ทราบปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซเรือนกระจก ในช่วงขั้นตอนก่อนการใช้งาน การผลิต การกำจัดซากหรือตลอดวัฏจักรของการผลิตไฟฟ้า แม้ว่าการนำชีวมวลที่เหลือทิ้งทางการเกษตรมาผลิตไฟฟ้านั้น ทำให้ลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะมลพิษทางอากาศได้ส่วนหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตาม กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลนั้น มีขั้นตอนต่างๆ มากมาย ซึ่งโดยภาพรวมนั้นอาจจะลดปัญหาด้านมลพิษทางอากาศ เนื่องจากลดการเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรลง แต่ขั้นตอนระหว่างการกระบวนการผลิตไฟฟ้านั้นอาจก่อให้เกิดมลพิษในด้านอื่น เช่น มลพิษทางน้ำ หรือแม้แต่มลพิษทางอากาศที่ยังไม่สามารถชี้วัดได้ ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์และประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล เพื่อนำมาพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิต สู่ความยั่งยืนของพลังงานและสิ่งแวดล้อมให้กับประเทศต่อไป

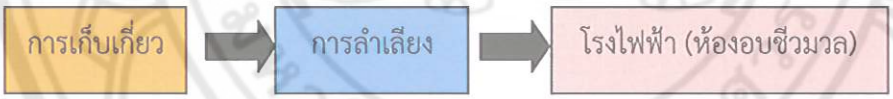
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลด้วยระบบแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification)
2. เพื่อศึกษาผลกระทบทางด้านเศรษฐศาสตร์ตลอดวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลด้วยระบบแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification)

ขอบเขตของโครงการวิจัย

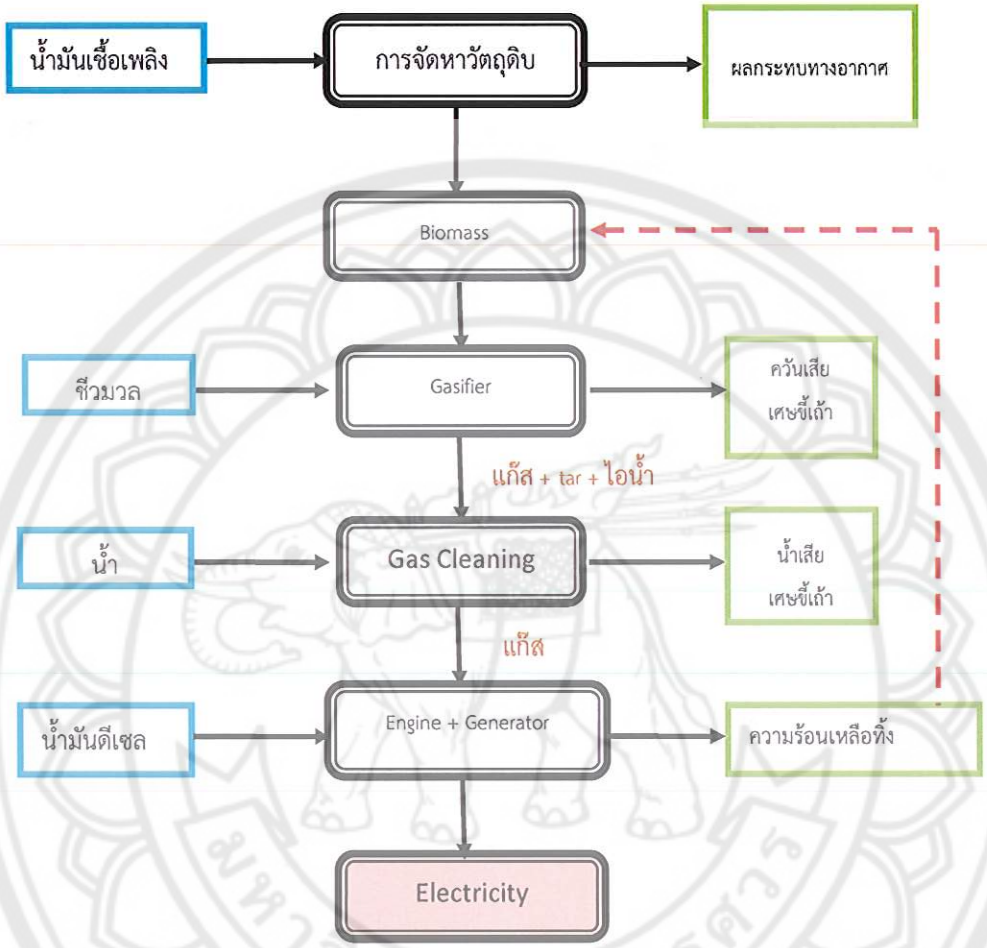
ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล ของวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร มาใช้เป็นตัวแทนในกระบวนการผลิต “โรงไฟฟ้าชุมชน” มีกำลังผลิตไฟฟ้าขนาด 10 kW โดยมีขอบเขตการศึกษาของการวิจัย ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์ตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้า ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 การจัดหาวัตถุดิบ (เชื้อเพลิงชีวมวล) ซึ่งจะพิจารณาขั้นตอนการเก็บเกี่ยว และ การขนส่งหรือการลำเลียงวัตถุดิบ



ขั้นตอนที่ 2 การผลิตไฟฟ้า ซึ่งจะพิจารณาแต่ละขั้นตอน ดังนี้

กรอบแนวความคิด



ภาพที่ 4 แสดงกรอบแนวความคิด และขอบเขตการวิจัย LCA ของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน

จากภาพที่ 4 เป็นการแสดงของสารเข้า และสารออก ซึ่งเป็นขอบเขตการศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล ตลอดวัฏจักรชีวิต ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ จนถึงการผลิต และไฟฟ้า

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เช่น การเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. **เข้าใจถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลด้วยระบบแก๊สซิฟิเคชั่น**
2. สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปประกอบการตัดสินใจในการเลือก และปรับปรุงกระบวนการหรือระบบการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล เพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจในการลงทุนสำหรับการหาพลังงานทดแทนในอนาคต
3. สามารถนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์เปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมกับกระบวนการผลิตไฟฟ้าด้วยวิธีอื่นๆ ได้ เช่น การผลิตไฟฟ้าจากพลังงาน การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ หรือแม้แต่การผลิตไฟฟ้าเชื้อเพลิงฟอสซิส และถ่านหิน เพื่อศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแต่ละวิธี เพื่อใช้เป็นแนวทางพัฒนากระบวนการผลิตไฟฟ้าในอนาคตต่อไป

แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

จัดสัมมนาผลการศึกษา โดยเลือกกลุ่มเป้าหมายเป็นเจ้าหน้าที่ของรัฐบาล เช่น อบต กำนัน ผู้ใหญ่บ้าน ครู อาจารย์ หรือแม้แต่ชาวบ้านที่สนใจ เพื่อสามารถนำความรู้ไปถ่ายทอดสู่เกี่ยวกับการประเมินวัฏจักรชีวิตในครั้งนี้ ซึ่งเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม และการจัดการสิ่งแวดล้อม สู่ความยั่งยืนของชุมชน

บทที่ 2
ทฤษฎีและเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นิยามของการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) เป็นกระบวนการประเมินภาระทางสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ กระบวนการ หรือกิจกรรม โดยการระบุ จำแนกปริมาณพลังงาน และวัสดุที่ใช้ รวมทั้งของเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งนี้เพื่อประเมินผลกระทบของพลังงานและวัสดุที่ใช้ต่อสิ่งแวดล้อม และเพื่อระบุปริมาณและประเมินโอกาสที่จะปรับปรุงสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้น การประเมินนี้รวมถึงวัฏจักรชีวิตทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ กระบวนการ หรือกิจกรรม ตั้งแต่การสกัดวัตถุดิบ การขนส่งและการจำหน่าย การใช้ การใช้ซ้ำ การบำรุงรักษา การรีไซเคิลและการจัดการของเสีย

โดย LCA เป็นเทคนิคสำหรับการประเมินทางด้านสิ่งแวดล้อมและผลกระทบที่เป็นไปได้ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์โดย

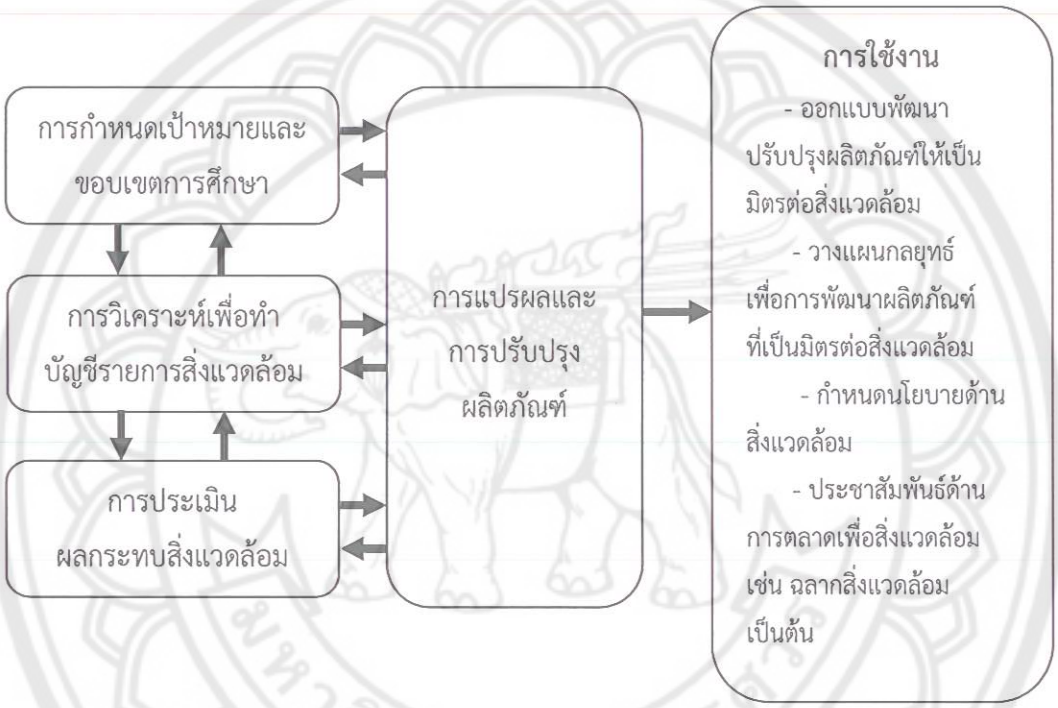
- เก็บรวบรวมรายการของสารขาเข้า และสารขาออกที่เกี่ยวข้องของระบบผลิตภัณฑ์
- ประเมินค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เป็นไปได้ ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับสารขาเข้าและสารขาออกนั้น
- ประมวลและแปลความหมายของผลที่ได้จากการวิเคราะห์บัญชีรายการและขั้นตอนของการประเมินผลกระทบต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับวัตถุประสงค์ของการศึกษา

การประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) คือวิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในเชิงปริมาณโดยพิจารณาถึงการใช้ทรัพยากร พลังงาน และการปล่อยของเสียรูปแบบต่าง ๆ ครอบคลุมทุกขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือบริการ ตั้งแต่เกิดจนตาย [1] การประเมินวัฏจักรชีวิต เป็นส่วนหนึ่งในมาตรฐานระบบจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14000 โดยมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับ LCA ถูกบรรจุใน ISO 14040 ประกอบไปด้วย

ISO 14040 -Principles and Framework
ISO 14041 -Life Cycle Inventory Analysis
ISO 14042 -Life Cycle Impact Assessment
ISO 14043 –Interpretation

ขั้นตอนของการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิตประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน ซึ่งดำเนินการตามมาตรฐาน ISO 14040 ได้แก่ (1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope Definition) (2) การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory Analysis: LCI) (3) การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment: LCIA) และ (4) การแปลผลการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Interpretation) ซึ่งมีความสัมพันธ์กัน แสดงดังภาพที่1 [1]

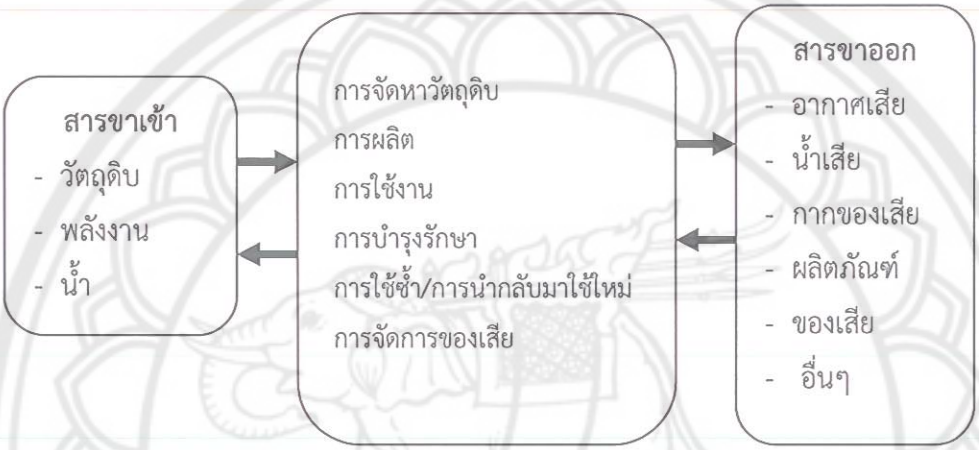


ภาพ 1 กรอบการดำเนินงาน LCA ตามขั้นตอนมาตรฐาน ISO 14040

การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Goal Definition Scope Definition)

- ระบุวัตถุประสงค์ เป้าหมายในการศึกษา และขอบเขตของการศึกษา
- หน่วยการศึกษา หรือ หน่วยหน้าที่ (Functional unit)
- ขอบเขตของระบบที่พิจารณา (System boundary) คือ การบ่งชี้และกำหนดสิ่งที่ต้องการประเมินและกำหนดการรวบรวมสิ่งที่อำนวยประโยชน์ต่อเป้าหมายของ LCA ซึ่งประกอบด้วย การกำหนดสิ่งที่เราต้องการศึกษา รวมถึงการกำหนดหน่วยหน้าที่หรือสิ่งที่ผลิตภัณฑ์สามารถทำได้ (Functional Unit : FU) การออกแบบระบบอ้างอิงหรือผลิตภัณฑ์อ้างอิงเพื่อแสดงวัตถุประสงค์ของการศึกษาการออกแบบตัวแปรการประเมินทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายของ LCA และการบ่งชี้

กระบวนการผลิตที่สำคัญทางสิ่งแวดล้อมในระบบผลิตภัณฑ์ที่สัมพันธ์กับเป้าหมายของ LCA ซึ่งการกำหนดขอบเขตประกอบไปด้วย ขอบเขตระบบ (System Boundary) หมายถึง ขอบเขตระหว่างระบบผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อมหรือระบบผลิตภัณฑ์อื่น โดยที่ระบบผลิตภัณฑ์หมายรวมเอาหน่วยที่รวบรวมวัตถุดิบและพลังงานที่มีการเชื่อมโยงกัน ทำหน้าที่อย่างเดียวกันหรือหลายอย่าง โดยที่สามารถแบ่งขั้นตอนของทรัพยากร วัตถุดิบ หรือพลังงานจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ระบบก่อนมีการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการต่างๆ แสดงดังภาพที่2



ภาพ 2 การกำหนดขอบเขตของระบบที่ศึกษา

- ข้อมูลที่ต้องการ
- สมมติฐานและข้อจำกัด
- เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากเป็นปัจจัยโดยตรงต่อความละเอียดในการศึกษาเพราะถ้ากำหนดเป้าหมายและขอบเขตไม่ดีพอจะทำให้ผล การประเมินไม่ถูกต้องและมีประโยชน์ในการที่จะนำผลที่ได้ไปปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น

การวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

• บัญชีรายการคือ ข้อมูลที่แสดงชนิดและปริมาณสารขาเข้า เช่น วัตถุดิบ ทรัพยากร พลังงาน และสารขาออก เช่น ผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์พลอยได้ มลสารที่ปล่อยสู่อากาศ มลสารที่ปล่อยสู่น้ำ ของเสียในรูปของแข็ง

• ขั้นตอนสำคัญของการวิเคราะห์บัญชีรายการข้อมูล ได้แก่

– เก็บรวบรวมข้อมูล
– คำนวณข้อมูลที่ได้จากกระบวนการต่าง ๆ
– ตรวจสอบความถูกต้อง

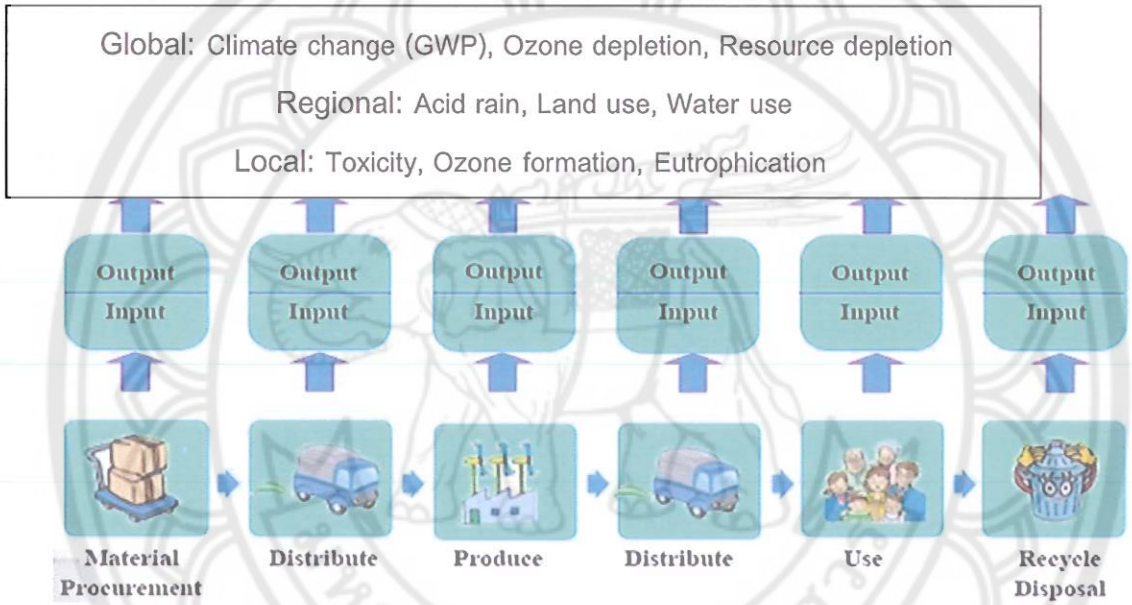
– เชื่อมโยงข้อมูลกับหน่วยการผลิต

– เชื่อมโยงข้อมูลกับหน่วยการศึกษา

– ปันส่วน

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

แปรข้อมูลการใช้ทรัพยากรและการปลดปล่อยมลสารให้อยู่ในรูปของผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยการประเมินจะมีหัวข้อหลัก ๆ คือ การจำแนกประเภท (Classification) การกำหนดบทบาท (Characterization) และการให้น้ำหนักและความสำคัญ (Weighting) ซึ่งแสดงดังภาพที่ 3



ภาพ 3 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

การแปลผลการศึกษา

เป็นการนำผลการศึกษาที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อให้ได้ข้อสรุปเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงต่อไป เช่น

– ขั้นตอนใดในวัฏจักรชีวิตก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมสูงสุด

– ประเด็นสิ่งแวดล้อมใดมีนัยสำคัญสูงที่สุด

– ขนาดของศักยภาพการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์

หลักการทั่วไปในการสมดุลพลังงาน

สมมุติฐานและวิธีการคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง

การวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเนื่องจากการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต การขนส่ง ดำเนินการโดยการประเมินจากปริมาณคาร์บอน (Carbon) ที่อยู่ในเชื่อเพลิงซึ่งอ้างอิงจาก Carbon Emission Factor (CEF) ของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC) ดังตารางที่ ก.1 (ภาคผนวก) การคำนวณหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สามารถคำนวณได้ตามสมการ

$$CO_2\,\text{Emission} = \left((\text{Fuel Consumption} \times CEF_i) - \text{Carbon Stored}\right) \times \text{Fraction oxidized} \times \frac{44}{12}$$

โดยที่

CO_2Emission = ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมา (kg)

Fuel Consumption = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (TJ)

CEF_i = สัมประสิทธิ์ค่าปริมาณคาร์บอนในเชื้อเพลิง (kg Carbon/TJ)

Fraction oxidized = สัดส่วนของการออกซิไดซ์ สมมติฐานให้เท่ากับ 0.99

Carbon Stored = คาร์บอนที่หลงเหลือจากการเผาไหม้ สมาติฐานให้เท่ากับ 0

สมมุติฐานและวิธีการคำนวณอัตราการบรรทุก

การขนส่งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากโรงงานผู้ผลิตไปยังโรงไฟฟ้า เป็นการขนส่งโดยใช้รถบรรทุกและมีลักษณะต่างๆ กัน เช่น รถกระบะ รถบรรทุก 6 ล้อ และรถบรรทุก 10 ล้อ แต่งานวิจัยนี้จะใช้ข้อมูลของรถบรรทุก 10 ล้อ ในการขนส่งแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากโรงงานผู้ผลิตมายังโรงไฟฟ้า ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$ACF_{avg} = \sum_{i=1}^{n}\left(F_i \times R_i\right)$$

ACF_{avg} = อัตราการใช้เชื้อเพลิงต่อการบรรทุกของรถโดยเฉลี่ย,ลิตร/ตัน-กิโลเมตร

F_i = สัดส่วนการบรรทุกของรถแต่ละชนิด

R_i = อัตราการใช้เชื้อเพลิงต่อการบรรทุกของรถแต่ละชนิด,ลิตร/ตัน-กิโลเมตร

$$AUCF_{avg} = \sum_{j=1}^{n}\left(F_j \times R_j\right)$$

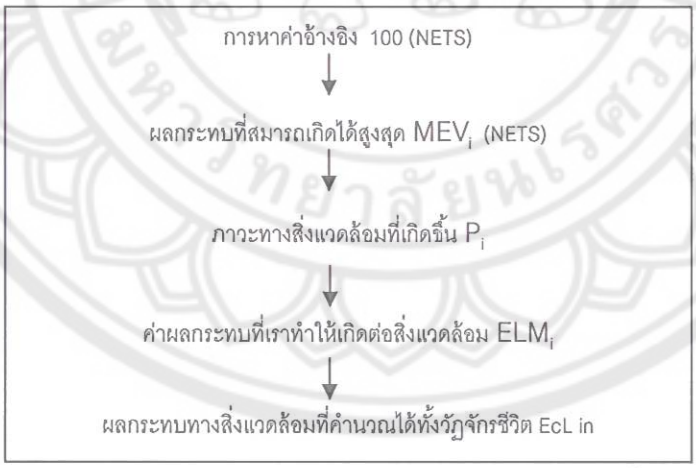
$AUCF_{avg}$ = อัตราการใช้เชื้อเพลิงของรถเปล่าโดยเฉลี่ย,ลิตร/ตัน-กิโลเมตร

F_j = สัดส่วนการบรรทุกของรถแต่ละชนิด

R_j = อัตราการใช้เชื้อเพลิงของรถเปล่าแต่ละชนิด,ลิตร/ตัน-กิโลเมตร

Numerical Eco-load Total Standardization : (NETS)

NETS (Numerical Eco-load Total Standardization) เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในขั้นตอนการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้อธิบายผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่เกิดขึ้นในวัฏจักรชีวิตได้ ค่าผลกระทบที่คำนวณได้จากข้อมูล LCI จะถูกนำมาเทียบระดับความรุนแรงของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มนุษย์สามารถยอมรับหรือทนต่อผลกระทบนั้นๆ ได้ นั่นคือ NETS เป็นหน่วยที่ใช้บอกหรือตีค่าของภาระทางสิ่งแวดล้อมให้ออกมาเป็นตัวเลขได้ สามารถแยกเป็นผลกระทบที่มีต่อทั่งโลก และผลกระทบที่มีต่อชุมชน โดยผลกระทบที่มีต่อโลกจะประกอบไปด้วย การลดลงของทรัพยากร (Resources Depletion) ภาวะโลกร้อน (Global Warming) การลดลงของโอโซน (Ozone Depletion) ปัญหาน้ำและอากาศเสีย (Water and Air Pollution) และผลกระทบต่อชุมชนประกอบด้วย ฝนกรด (Acid Rain) และปัญหาขยะ (Solid Waste) ขั้นตอนในการศึกษา NETS แสดงดังภาพ 4



ภาพ 4 แผนผังแสดงการทำมาตรฐานในการหาค่าภาระสิ่งแวดล้อม

ค่าเหล่านี้เป็นค่ามาตรฐานของความสามรถในการรับภาระต่อผลกระทบได้ (Eco-Load Standardization Scheme: ESS) มีหน่วยเป็น [NERS] โดยกำหนดไว้ว่า 100[NERS] คือค่าความสามารถมากที่สุด ที่คนหนึ่งคนจะสามารถทนรับภาระต่อผลกระทบนั้นๆ ได้

ค่าของ MEV (Maximum Eco-load Value) เป็นค่าผลกระทบที่กำหนดให้เกิดได้สูงสุด ซึ่งจะขึ้นอยู่กับประเภทของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแต่ละประเภท ในกรณีของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มีต่อโลก $MEV_G = 6.05 \times 10^{11}$ [NERS] คำนวณมาจาก จำนวนที่แต่ละคนสามารถทนรับภาระทางสิ่งแวดล้อมได้ 100[NERS/คน] คูณกับ ประชากรโลก เช่นเดียวกันกับในกรณีที่เป็นการเกิดผลกระทบต่อชุมชน ซึ่งเป็นผลกระทบที่ส่งผลกับบริเวณใกล้เคียงสมมติให้ผลกระทบเกิดในบริเวณรอบรัศมี 1000 กิโลเมตร จากจุดที่เกิดการปล่อยมลภาวะ ดังนั้นค่าของ MEV_R จะเชื่อมโยงกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดกับประชากรบริเวณเขตนั้นๆ เช่น กรณีที่เกิดฝนกรด (Acid Rain) ค่า MEV_R จะเท่ากับ จำนวนประชากรในรัศมี 1000 กิโลเมตร (1.7×10^8 คน) คูณกับค่าผลกระทบที่แต่ละคนสามารถทนรับได้ 100[NERS/คน] ได้ค่า MEV_R เท่ากับ 1.7×10^{10} NERS] ดังตัวอย่างในตารางที่1

ตาราง 1 ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่กำหนดให้เกิดได้สูงสุด (Maximum Eco-load Value: MEV)

Type	ประเภทของผลกระทบ	MEV_i [NERS]
ผลกระทบต่อโลก	การลดลงของทรัพยากร	$MEV_G^{RD} = 5.8 \times 10^{11}$
	Global Warming	$MEV_G^{GW} = 5.8 \times 10^{11}$
	การลดลงของโอโซน	$MEV_G^{OD} = 5.8 \times 10^{11}$
	ปัญหาน้ำและอากาศเสีย	$MEV_G^{WP} = 5.8 \times 10^{11}$
ผลกระทบต่อชุมชน	ฝนกรด	$MEV_R^{AR} = 1.7 \times 10^{10}$
	ขยะ	$MEV_R^{WP} = 1.3 \times 10^{10}$

และหลังจากที่เราทำการหาค่าผลกระทบที่สมารถเกิดได้สูงสุดแล้วขั้นตอนต่อไปก็จะทำการหาค่าปริมาณสูงสุดของภาระสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น ณ เวลานั้นๆ ในแต่ละประเภทของผลกระทบ P_i [ton,kWh,m^3,...etc] ซึ่งดังแสดงในตารางที่2 ซึ่งค่า P_i จะสามารถนำมาจากแหล่งเก็บข้อมูลที่เชื่อถือได้จากที่ต่างๆ กัน

ตาราง 2 แสดงตังอย่างในการกำหนดค่าภาระทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น P_i

Type	ประเภทของผลกระทบ	MEV_i [NERS]
ผลกระทบต่อโลก	การลดลงของทรัพยากร	P_G^{RD} = ปริมาณสำรอง
	โลกร้อน	P_G^{GW} = ปริมาณก๊าซ greenhouse
	การลดลงของโอโซน	P_G^{OD} =ปริมาณ Freon gases
	ปัญหาน้ำและอากาศเสีย	P_G^{WP}, P_G^{AP} = ข้อกำหนดของ WHO
ผลกระทบต่อชุมชน	ฝนกรด	$P_R^{AR}[H^+]$=ในฝน
	ขยะ	P_R^{WP} =ปริมาณขยะ

จากนั้นนำมาคำนวณเงื่อนไขภาระสิ่งแวดล้อม ELM (Environmental Lode Module) โดยสมการELMi

$$ELM_i = MEV_R / P_i \qquad [NETS/ton,kWh,m^3,...etc]$$

สมการนี้จะสามารถแสดงให้เห็นการใช้ทรัพยากรหรือสารอันตรายที่เราปล่อยออกมาใน 1 หน่วย [ton,kWh,m^3,...etc] และหลังจากนั้นในขั้นตอนสุดท้าย เราจะได้ค่า EcL (Eco-Load Value) คือ ค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิต ที่เกิดจากกิจกรรมที่กระทำในผลิตภัณฑ์นั้นๆ หรือจากอุตสาหกรรมใดอุตสาหกรรมหนึ่ง

$$EcL = \Sigma \left(ELM_i \times X_i \right) [NERS]$$

ซึ่ง ค่า x_i = จำนวนปริมาณของทรัพยากรที่ใช้/ปริมาณสารพิษที่ปล่อยออกมาแต่ละชนิดกิจกรรม มีหน่วยเป็น[ton,kWh,m^3,...etc] แสดงดังตารางที่3

ตาราง 3 แสดงค่า P_i และ ELM_i ของวัฏจักรชีวิต

ประเภท	สาร	P_i [kg]	ELM_i [NETS/kg]
การลดลงของทรัพยากรธรรมชาติชนิดแหล่งพลังงาน (E-RD)	Crude Oil	1.42E+14	4.58E+03
	Natural Gas	1.05E+14	6.19E+03
	Coal	9.84E+14	6.61E+04
	Uranium	3.95E+09	1.65E+02
การลดลงของทรัพยากรธรรมชาติชนิดแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ (N-RD)	Antimony	2.10E+09	3.10E+02
	Arsenic	1.10E+10	5.91E+01
	Barite	1.50E+11	4.33E+00
	Bauxite	2.50E+13	2.60E-02
	Bismuth	1.10E+08	5.91E+03
	Cadmium	6.00E+09	1.08E+02
	Chromium	3.60E+09	1.81E+02
	Cobalt	4.50E+09	1.44E+02
	Columbium	3.50E+09	1.86E+02
	Copper	3.40E+09	1.91E+02
	Fluorspar	2.10E+10	3.10E+01

ตาราง 3 แสดงค่า P_i และ ELM_i ของวัฏจักรชีวิต (ต่อ)

ประเภท	สาร	P_i [kg]	ELM_i [NETS/kg]
	Gold	4.90E+07	1.33E+04
	Graphite	8.00E+11	8.13E-01
	Hafnium	2.10E+10	3.10E+01
	Indium	1.10E+10	5.91E+01
	Iron ore	1.40E+14	4.64E-03
	Lead	6.40E+10	1.02E+01
	Lithium	3.40E+09	1.91E+02
	Magnesium	2.50E+12	2.60E+01
	Manganese	6.80E+11	9.56E+01
	Mercury	1.20E+08	5.42E+03
	Molybdenum	5.50E+09	1.18E+02
การลดลงของ	Nikel	4.60E+10	1.41E+01
ทรัพยากรธรรมชาติชนิด	Platinum	7.10E+08	9.15E+02
แหล่ง	Rare Earth	1.10E+11	.91E+00
ทรัพยากรธรรมชาติ	Rhenium	2.50E+06	2.60E+05
(N-RD)	Rutile	4.30E+10	1.51E+01
	Selenium	7.00E+08	9.29E+02
	Silver	2.80E+08	2.32E+03
	Strontium	2.40E+13	2.71E-02
	Thallium	3.80E+05	1.71E+06
	Tin	7.70E+09	8.44E+01
	Tungsten	2.00E+09	3.25E+02
	Vanadium	1.00E+10	6.50E+01
	Yttrium	5.60E+08	1.16E+03
	Zinc	1.90E+11	3.42E+00
	Zirconium	6.20E+04	1.05E+07

ตาราง 3 แสดงค่า P_i และ ELM_i ของวัฏจักรชีวิต (ต่อ)

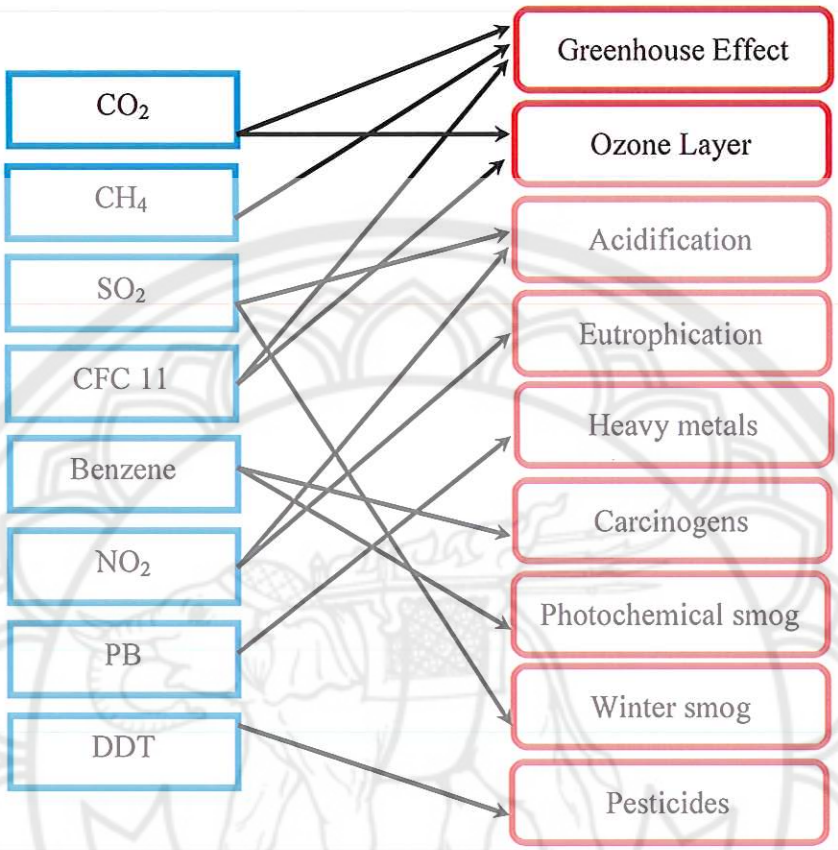
ประเภท	สาร	P_i [kg]	ELM_i [NETS/kg]
ภาวะโลกร้อนขึ้น (GW)	CO2	2.07E+15	3.14E-04
	CH4	1.06E+14	6.13E-03
	N2O	7.20E+12	9.03E-02
	CFC-11	9.95E+10	6.53E+00
	HCFC-22	1.24E+11	5.24E+00
	SF6	8.31E+10	7.82E+00
การลดลงของโอโซน (OD)	CFC-11	7.20E+10	9.03E+00
	CFC-12	7.20E+10	9.03E+00
	CFC-113	9.03E+10	7.20E+00
	HCFC-22	1.32E+12	4.92E-01
	HCFC-141b	6.55E+11	9.92E-01
	HCFC-142b	1.11E+12	5.86E-01
	Cadmium	5.34E+10	1.22E+01
	Lead	5.34E+10	1.22E+01
	Chrome	2./67E+11	2.43E+00
	Arsenic	5.34E+10	1.22E+01
	Mercury	2.67E+09	2.43E+02
	Dichloromethane	1.07E+11	6.07E+00
	CC14	1.07E+10	6.07E+01
	1,2-dichloroethane	2.14E+10	3.04E+01
	1,1-dichloroethylene	1.07E+11	6.07E+00
	Sis-1,2-dichloroethane	2.14E+11	3.04E+00
	1,1,1-trichloroethane	5.34E+12	1.22E-01
	1,1,2-trichloroethane	3.20E+10	2.03EE+01
	Trichloroethylene	1.60E+11	4.06E+00
	Tetrachloroethylene	5.34E+10	1.22E+01
	1,3-dichloropropane	1.07E+10	6.07E+01

1) การคัดเลือกกลุ่มผลกระทบ (Impact Categories) เป็นการจำแนกว่าระบบผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านใดบ้าง และเกิดขึ้นในกระบวนการใด โดยการนำเอาข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์บัญชีรายการมาใช้วิเคราะห์และจำแนกผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของสารขาเข้าและสารขาออกทั้งหมดอย่างเป็นหมวดหมู่

สำหรับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่สำคัญและนิยมนำมาใช้ในการจำแนกเพื่อประเมินผลกระทบได้แก่

- การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change)
- การทำให้โลกร้อน (Global Warming)
- การทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ (Ozone Depletion)
- การสิ้นเปลืองทรัพยากร (Resource Depletion)
- การออกซิเดชันที่เกิดจากปฏิกิริยาแสง-เคมี(Photochemical Oxidation)
- การก่อให้เกิดความเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำ (Acidification)
- การก่อให้เกิดสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ
- การก่อให้เกิดความเป็นพิษในมหาสมุทร (Aquatic Ecotoxicicity)
- ภาวะการเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหารในแหล่งน้ำ (Nutrification)

2) การจำแนกประเภทและการกำหนดบทบาท (Classification and characterization) การจำแนกประเภท คือขั้นตอนการจำแนกกลุ่มของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม จากข้อมูลที่ได้ในการจัดทำบัญชีรายการหรือ LCI โดยจะดูถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลกับผลกระทบที่เกิดขึ้นยกตัวอย่างเช่น NO_2 ที่เกิดขึ้นในช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้นสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งในด้าน การเกิดฝนกรด (Acidification) และ การเจริญเติบโตที่มากเกินไปของพืชชั้นต่ำในแหล่งน้ำ (Eutrophication) ดังภาพที่ 5



ภาพ 5 การจำแนกสารตามประเภทของผลกระทบ

3) การกำหนดบทบาท (Characterization) คือ การแปลงข้อมูลที่ถูกจำแนกประเภท ว่าก่อให้ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางด้านใดแล้วจากขั้นตอนที่ 1 ให้อยู่ในรูปค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของสารดังกล่าวกับสารอ้างอิงพื้นฐานหรือที่เรียกว่า Equivalent or Characterization factors: EF โดยสามารถหาได้จากสมการ

$$EP_j = \sum(Q_i \times EF_{ij})$$

EP_j = (Environmental impact potential) คือค่าศักยภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม สำหรับผลกระทบประเภท j ใด ๆ (kg substance equivalent)

Q_i = (Quantity of substance) คือปริมาณมลภาวะสาร j ที่ปล่อยออกมา (kg substance j)

EF_{ij} = (Equivalency factor) คือค่าเทียบเท่าของสาร i ที่ทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j (kg substance equivalent/ kg substance j)

4) การหาขนาดของผลกระทบ (Normalization) คือ ขั้นตอนการแสดงขนาดของผลกระทบของผลิตภัณฑ์หรือการบริการที่ศึกษา กับขนาดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้นๆ ในระดับประเทศ ภูมิภาค ระดับโลก หรือกับผลิตภัณฑ์หรือบริการที่ต้องการอ้างอิง โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$NP_{j(product)} = EP_j / (T \times ER_j)$$

$NP_{j(product)}$= (Normalized environment impact potential) ค่าปกติทางศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆของผลิตภัณฑ์ (Person)

T = (Lifetime of product) คืออายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ (Year)

ER_j = (Normalization reference) คือค่าอ้างอิงปกติของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ j ใดๆ ที่เกิดจากการกระทำของคนหนึ่งคนต่อปี (kg substance equivalent/person/year)

5) การให้น้ำหนัก (Weighting) คือ ขั้นตอนในการให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น โดยค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมแต่ละชนิดจะต่างกันไป ขึ้นกับมุมมองของผู้ประเมินว่าจะกำหนดค่ามลภาวะ (Weighting Factor: WF) ว่าเป็นเท่าใด ซึ่งสามารถหาค่าได้จากสมการ

$$WP_j = WF_j \times NP_j$$

WP_j = (Weighted environmental impact potential) คือ ค่าศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม jใดๆ หลังการให้ค่าน้ำ หนักความสำ คัญแล้ว (Person for target year: Pt.)

WF_j = (Weighting factor) คือค่าสัดส่วนน้ำหนักความสำคัญของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆ ในปีที่ตั้งเป้าหมายเอาไว้

สำหรับในโปรแกรมสำเร็จรูปนั้นได้ใช้ข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อมของทวีปยุโรปค่าที่ได้หลังจากขั้นตอนการให้น้ำหนัก เรียกว่า คะแนนเชิงเดี่ยว (Single score) มีหน่วยวัดเป็น Pt. หรือ Person for target year หน่วยเดียวกับค่า NP_j ซึ่งหน่วย Pt. เกิดจากกระบวนการหาขนาดของผลกระทบที่ต้องการจะรวม ค่าในกลุ่มผลกระทบที่มีหน่วยต่างกัน เช่น ภาวะโลกร้อนมีหน่วย kg CO_2 ภาวะการลดลงของชั้นบรรยากาศมีหน่วย kg CFC11 โดยการหาด้วยค่ากลาง ดังนั้นค่า Pt. จะเป็นการแสดงจำนวนเท่าของค่ากลาง จะสามารถรู้ว่าค่านั้นมีค่ามากหรือน้อยจะต้องทำการเปรียบเทียบกับค่ากลาง หรือใช้ในการเปรียบเทียบกับค่า Pt ด้วยกัน

การแปลผลการศึกษา (Life Cycle Interpretation)

การแปลผลและการประเมินเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์ของ LCA คือ การนำเอาข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนการทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมหรือ LCI แล้วทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น มาสรุป รวบรวม ตีความหมาย และแปลค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการนั้นๆ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะทำให้ทราบว่าในช่วงใดของวัฏจักรชีวิตที่เกิดผลกระทบมากที่สุด ความรุนแรงของผลกระทบนั้นเป็นเท่าใด และสามารถทำให้ทราบถึงที่มาของผลกระทบนั้นเพื่อที่จะนำไปสู่ ผลสรุป

และข้อเสนอแนะต่อไป ซึ่งในขั้นตอนการแปลความหมายของผลกระทบนี้ต้องทำด้วยความระมัดระวัง และอยู่ภายใต้เป้าหมายวัตถุประสงค์ และขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนแรกด้วย

วัตถุประสงค์ของการแปลผลและการประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์นั้นก็เพื่อ จำแนกแนวทางและหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการลดผลกระทบที่เกิดขึ้นได้อย่างตรงประเด็น หรือสามารถนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบเพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกใช้ผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่สามารถทดแทนกันได้ โดยอาศัยมุมมองทางสิ่งแวดล้อมในการตัดสินใจต่อไปสำหรับขั้นตอนการแปลผลและการประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์นั้น ประกอบด้วย ขั้นตอนหลักสามขั้นตอนได้แก่

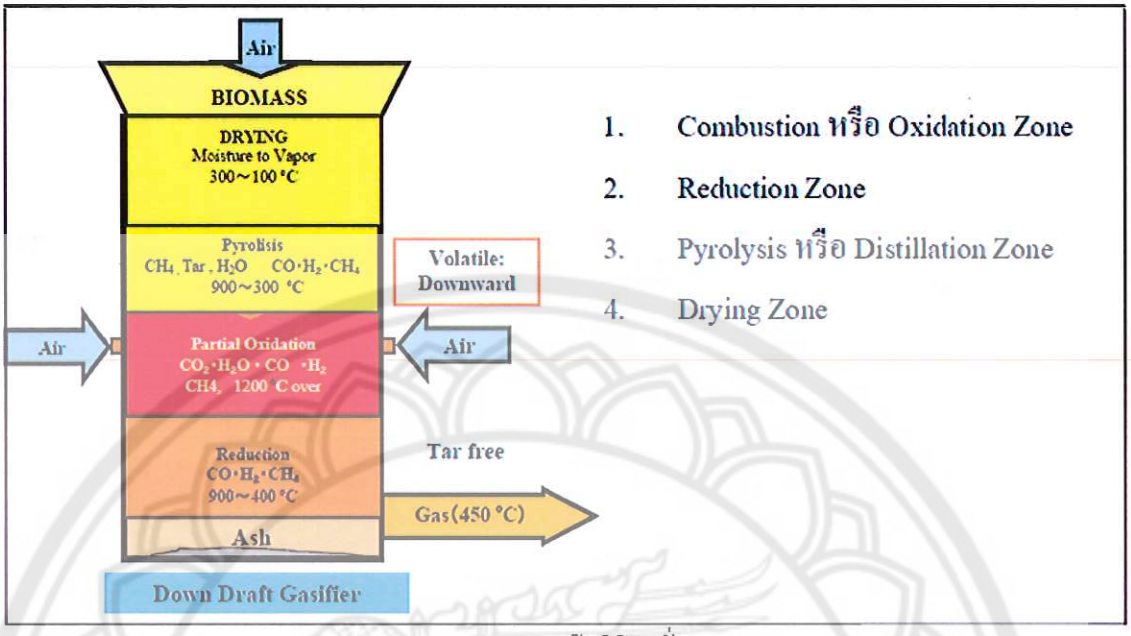
- การจำแนกทางเลือกในการปรับปรุงทางสิ่งแวดล้อมที่เป็นไปได้ โดยทั่วไปจะพิจารณาเลือกช่วงในวัฏจักรชีวิตที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดเป็นหลัก ไม่ว่าจะเป็นกระบวนการหรือปัจจัยที่เป็นสาเหตุ เพื่อจะนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขให้ผลกระทบลดลงต่อไป
- การวิเคราะห์เพื่อประเมินทางเลือกในการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อมประกอบกันโดยมองถึงความเป็นไปได้ถึงแนวทางทั้งหมดที่จะนำมาปรับปรุง โดยสอดคล้อง กันกับกระบวนการ ทั้งในด้านเทคนิคและต้นทุนประกอบกันเพื่อเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุด
- คัดเลือกทางเลือกในการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม โดยทำการคัดเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุดโดยเรียงลำดับจากวิธีที่เป็นไปได้มากที่สุดจากมากไปหาน้อยในการลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม ประกอบกับความเหมาะสมของเทคนิคและต้นทุนในทางเลือกนั้นๆ โดยจัดทำเป็นบทสรุป ข้อเสนอแนะ และรายงานผลที่ได้ให้ผู้เกี่ยวข้องทราบต่อไป

การผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลด้วยกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น

หลักการทำงานของโรงไฟฟ้าชีวมวลด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น

กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น

เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นเป็นกระบวนการทางเคมีความร้อนที่อาศัยการแตกตัวของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในเชื้อเพลิงในสภาวะที่มีการควบคุมปริมาณออกซิเจนในสัดส่วนที่ต่ำกว่าค่าที่ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ (Stoichiometric Fuel Air Ratio) แล้วได้ผลิตภัณฑ์แก๊สซึ่งมีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ CO, H_2 และ CH_4 ซึ่งเป็นแก๊สชีวมวลที่จุดไฟติดและมีค่าความร้อนสูงในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น สามารถแบ่งโซนการเกิดปฏิกิริยาออกเป็น 4 โซน ดังแสดงในภาพที่ 6 โดยโซนของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอธิบายได้ดังต่อไปนี้



ภาพ 6 กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น

Combustion หรือ Oxidation Zone เป็นบริเวณที่ป้อนอากาศเมื่อถูกกระตุ้นด้วยความร้อน เชื้อเพลิงชีวมวลจะลุกไหม้เกิดปฏิกิริยาอุณหเคมีระหว่างแก๊สออกซิเจนในอากาศกับคาร์บอนและไฮโดรเจน ซึ่งอยู่ในเชื้อเพลิงชีวมวล ผลของปฏิกิริ ยาดังกล่าวก่อให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ปฏิกิริยาดังกล่าวเป็นปฏิกิริยาคายความร้อนและความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะถูกนำไปใช้ในปฏิกิริยาดูดความร้อนในโซน Reduction และโซน Pyrolysis อุณหภูมิในโซนCombustion จะมีค่าระหว่าง 1,100-1,500 ^{o}C

Reduction Zone แก๊สร้อนที่ผ่านมาจาก Combustion Zone จะทำให้เกิดปฏิกิริยา Reduction ในโซนนี้จะมีอุณหภูมิระหว่าง 500-900 ^{o}C ทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำจะไหลผ่านคาร์บอนที่กำลังลุกไหม้อยู่ก่อให้เกิดแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน ในโซน ของ Reduction นี้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะดีเพียงใดขึ้นกับอุณหภูมิ ความเร็วของแก๊สที่สัมผัสกับเชื้อเพลิงชีวมวล และพื้นที่ผิวสัมผัสของเชื้อเพลิงชีวมวลดังนั้นขนาดและปริมาณของเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้จะมีผลต่อการผลิตแก๊สชีวมวล ซึ่งเชื้อเพลิงชีวมวลขนาดใหญ่จะมีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรต่ำทำให้ยากต่อการจุดเผาภายในเตาและจะทำให้เกิดปริมาณของช่องว่างระหว่างเชื้อเพลิงด้วยกันมากเป็นผลทำให้มีออกซิเจนไหลผ่านเข้าไปในระบบมาก ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นก็จะน้อยตามไปด้วยทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตแก๊สชีวมวลมีค่าต่ำ แต่ถ้าขนาดของเชื้อเพลิงมีขนาดเล็กก็จะทำให้เกิดการสูญเสียความดันภายในเตามาก จึงต้องใช้พัดลมขนาดใหญ่ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมากยิ่งขึ้นและแก๊สที่ผลิตได้ก็จะมีฝุ่นมากยิ่งขึ้น จากปฏิกิริยาถ้าอุณหภูมิในโซน Reduction สูงกว่า 900°C แล้วแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 90% จะถูกเปลี่ยนเป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และถ้าอุณหภูมิสูงมากกว่า 1,100°C จะทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งหมดเปลี่ยนเป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ นั่นคือประสิทธิภาพของ

เตาเผาจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของโซน Reduction ในขณะที่แก๊สร้อนจากโซนCombustion ไหลเคลื่อนเข้าสู่โซน Reduction จะทำให้อุณหภูมิของแก๊สลดลง เนื่องจากเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน ดังนั้นไอน้ำกับคาร์บอนจะทำปฏิกิริยากันเพื่อก่อให้เกิดแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 500-600 °C ปฏิกิริยานี้มีความสำคัญเพราะจะทำให้ส่วนผสมของแก๊สไฮโดรเจนในแก๊สชีวมวลมีค่ามากขึ้นซึ่งมีผลทำให้แก๊สมีค่าพลังงานความร้อนสูงขึ้น (แก๊สไฮโดรเจนมีผลต่อการจุดระเบิดของเครื่องยนต์สันดาปภายใน) แต่ถ้าในกระบวนการที่มีไอน้ำมากเกินไปไอน้ำอาจทำปฏิกิริยากับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จะทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน ทำให้ค่าความร้อนของแก๊สชีวมวลที่ได้มีค่าลดลง ดังนั้นเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้จะต้องมีความชื้นไม่มากจนเกินไป นอกจากนี้ในกระบวนการ Reduction แก๊สไฮโดรเจนบางส่วนจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนทำให้เกิดแก๊สมีเทนขึ้นได้

Pyrolysis หรือ Distillation Zone รับความร้อนจากโซน Reduction ทำให้ Volatile Matter ที่อยู่ในเชื้อเพลิงชีวมวลเกิดการสลายตัวเกิดเป็น เมทานอล กรดน้ำส้ม และทาร์ อุณหภูมิในโซนนี้จะมีค่าประมาณ 200-500°C ของแข็งที่เหลืออยู่ภายหลังจากการผ่านกระบวนการนี้ก็คือ คาร์บอนในรูปถ่าน ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อในโซน Reduction และ Combustion

Drying Zone ในโซนนี้ความร้อนจะลดลงมากทำให้อุณหภูมิไม่สูงพอที่จะทำให้เกิดการสลายตัวของ Volatile Matter แต่ความชื้นในเชื้อเพลิงจะระเหยออกมาได้ โซนนี้จะมีอุณหภูมิประมาณ 100-200 °C

การนำแก๊สชีวมวลไปใช้ผลิตไฟฟ้า

แก๊สชีวมวลที่ผลิตได้สามารถนำไปใช้งานได้โดยตรงแต่ก่อนนำมาใช้งานจำเป็นต้องผ่านระบบทำความสะอาดแก๊สเพื่อกำจัดทาร์และฝุ่น โดยเฉพาะการใช้งานในเครื่องยนต์สันดาปภายในเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อการใช้งานในเครื่องยนต์

การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม [2]

การผลิตกระแสไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลจะก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านอากาศเป็นหลัก มลพิษทางอากาศ ปริมาณมลพิษต่าง ๆ ที่ปล่อยสู่บรรยากาศอันเนื่องมาจากการใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับตัวแปรต่าง ๆ เช่น ส่วนประกอบและปริมาณความชื้นของชีวมวลที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงรวมถึงเทคโนโลยีที่ใช้ หากใช้เทคโนโลยีในการเผาไหม้โดยตรง ตัวแปรต่าง ๆ จะได้แก่ ชนิดของเตาเผาหรือระบบเผาไหม้และสภาวะในการเผาไหม้ โดยมลพิษประเภทต่าง ๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ประกอบด้วย

-ซัลเฟอร์ออกไซด์ (SOx) อาจจะอยู่ในรูปของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) และกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพโดยซัลเฟอร์ออกไซด์ทำให้การถ่ายเทหรือการหมุนเวียนเลือดสู่ปอดมีประสิทธิภาพลดลง นอกจากนั้นการปล่อยซัลเฟอร์ออกไซด์สู่บรรยากาศ เป็นสาเหตุสำคัญของการเกิด

ฝนกรดซึ่งสามารถทำลายพืชพรรณต่าง ๆ ได้เช่น ก่อให้เกิดโรคใบเหลือง จุดแดงในพืช และยังก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพของดินซึ่งจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชด้วย การที่ฝนกรดตกสู่พื้นน้ำบนโลก จะทำให้แหล่งน้ำเปลี่ยนแปลงไป ก่อให้เกิดอันตรายต่อพืชและสัตว์น้ำรวมทั้งระบบนิเวศวิทยาโดยรอบ สำหรับปริมาณ SOx ที่เกิดจากการเผาไหม้ชีวมวลจะขึ้นอยู่กับปริมาณกำถ่านในชีวมวลมวลเป็นสำคัญ

-ไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) มีแหล่งกำเนิดหลักอยู่ 2 ทาง คือ เกิดจากปฏิกิริยาของไนโตรเจนและออกซิเจนในอากาศ ถ้าเตาเผาเป็นแบบที่ต้องใช้ปริมาณอากาศส่วนเกินมากและอุณหภูมิภายในเตาสูงเกิน 900°C โอกาสที่ไนโตรเจนและออกซิเจนในอากาศจะเกิดการแตกตัวและ ทำปฏิกิริยาเป็น NOx ก็จะเพิ่มสูงขึ้น ส่วนอีกทางคือไนโตรเจนที่เป็นส่วนประกอบของเชื้อเพลิงทำปฏิกิริยากับออกซิเจนกลายเป็น NOx การลดปริมาณ NOx ในเตาเผาโดยทั่วไปมี 2 วิธีคือ การลดปริมาณอากาศส่วนเกินที่ใช้ในการเผาไหม้ลง และควบคุมอุณหภูมิในเตาไฟไม่ให้สูงเกินไป วิธีการควบคุมทั้งสองต้องอาศัยการปรับแต่งและเลือกชนิดหัวเผา การแบ่งปริมาณเผาไหม้ออกเป็นสองตอนเพื่อควบคุมอุณหภูมิไม่ให้สูงเกินไป ณ จุดจุดหนึ่ง การได้รับไนโตรเจนไดออกไซด์จะเป็นสาเหตุของโรคปอด โรคถุงลมโป่งพอง โรคเลือด ระคายเคืองตาและผิวหนัง นอกจากนั้นอาจไปชะลอการเจริญเติบโตของพืช ส่วนไนเตรทที่ตกค้างอยู่ในจะไปเร่งการเจริญเติบโตของพืชน้ำและอาจจะมีผลต่อกระบวนการยูโทรฟิเคชั่น (eutrophication) ได้

-ฝุ่นละออง เป็นสาเหตุของการเจ็บป่วยที่เกี่ยวกับทางเดินหายใจ เช่น การหายใจติดขัด เจ็บหน้าอก ไอ เนื่องจากปอดถูกทำลาย นอกจากนั้นฝุ่นละอองจะไปขัดขวางการแลกเปลี่ยนน้ำและอากาศของใบพืช และอาจจะก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบนิเวศวิทยาทางน้ำเนื่องจากสารแขวนลอยที่มากับฝุ่นละอองในน้ำปิดกั้น หรือบดบังแสงสว่างที่จะส่งผ่านทะลุลงไปในลำน้ำ ฝุ่นละอองที่เกิดจากการนำชีวมวลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงมีสาเหตุสำคัญจากการกองเก็บและการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควร การลดควบคุมฝุ่นละอองสามารถกระทำโดยสร้างโรงเก็บที่มีผนังและหลังคาที่ปิดมิดชิด และติดตั้งเครื่องแยกฝุ่นละอองจากก๊าซทิ้งก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ

-คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ก๊าซนี้จะก่อให้เกิดผลกระทบในด้านสุขภาพ โดยอาจจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสมองได้เนื่องจากขาดออกซิเจน สำหรับเรื่องการเพาะปลูกจะไม่ค่อยมีผลกระทบต่อพืชร้ายแรงเท่ากับมนุษย์ ผลที่เกิดขึ้น เช่น ใบม้วน การแก่อย่างรวดเร็วสำหรับการควบคุมคาร์บอนมอนนอกไซด์ทำโดยการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ให้อากาศเพียงพอกับการเผาไหม้ และให้เวลาเผาไหม้ให้เพียงพอ

-คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่ปลดปล่อยสู่บรรยากาศจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ ถ้าได้รับในปริมาณน้อยจะไม่ก่อให้เกิดอันตราย กรณีที่ร่างกายรับเข้าไปมาก ๆ อาจมีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจได้ โดยคาร์บอนไดออกไซด์จะเข้าไปรวมตัวกับฮีโมโกบิลในเลือดกลายเป็นคาร์บอกซีฮีโมลโกบินทำให้ออกซิเจนในสมองลดลง จะมีอาการปวดหัวเวียนศีรษะ หายใจขัด กล้ามเนื้อกระตุก เหนื่อยง่าย และไม่สามารถควบคุมการทรงตัวได้ ในกรณีของพืชโดยปกติแล้วพืชต้องการคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสงแต่ CO_2 อาจจะเป็นอันตรายต่อพืชได้ถ้า CO_2 ไปเพิ่มความเป็นกรดให้กับน้ำกลายเป็นฝนกรด

-ไฮโดรคาร์บอน (HC) ไฮโดรคาร์บอนที่ปลดปล่อยสู่บรรยากาศจากการเผาเชื้อเพลิงจะอยู่ในรูปของเถ้า ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ เถ้าลอย (fly ash) ซึ่งปะปนไปกับก๊าซทิ้ง และอีกชนิดเป็นขี้เถ้า (bottom ash) ซึ่งอยู่ด้านล่างของเตาเผา ในการลดและควบคุมสามารถทำได้โดยมีระบบกองเก็บที่ดีสำหรับขี้เถ้า

ตาราง 4 แสดงมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงไฟฟ้า

ชนิดของเชื้อเพลิง	ฝุ่นละออง (มิลลิกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร)	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)	ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ซึ่งคำนวณผลในรูปก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)
๑. โรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง (๑) ที่มีกำลังการผลิตไฟฟ้าไม่เกิน ๕๐ เมกะวัตต์	ไม่เกิน ๘๐	ไม่เกิน ๓๖๐	ไม่เกิน ๒๐๐
(๒) ที่มีกำลังการผลิตไฟฟ้าเกิน ๕๐ เมกะวัตต์	ไม่เกิน ๘๐	ไม่เกิน ๑๘๐	ไม่เกิน ๒๐๐
๒. โรงไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง	ไม่เกิน ๑๒๐	ไม่เกิน ๒๖๐	ไม่เกิน ๑๘๐
๓. โรงไฟฟ้าที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง	ไม่เกิน ๖๐	ไม่เกิน ๒๐	ไม่เกิน ๑๒๐
๔. โรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง	ไม่เกิน ๑๒๐	ไม่เกิน ๖๐	ไม่เกิน ๒๐๐

ที่มา: ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากโรงไฟฟ้าใหม่ เล่ม 127 ตอนพิเศษ 7ง ราชกิจจานุเบกษา หน้า 18, 15 มกราคม 2553

ทฤษฎีเศรษฐศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง

หลักการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลประโยชน์เพื่อการวิเคราะห์โครงการพลังงานและสิ่งแวดล้อม

การกำหนดค่า (Valuation) ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในการวิเคราะห์โครงการทำการกำหนดค่าด้วยเหตุผลสำคัญ 2 ประการ

1. ช่วยให้การตัดสินใจเลือกโครงการมีประสิทธิภาพดีขึ้น เพราะต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมที่ถูกทำลายไปจะถูกนำมาเป็นส่วนหนึ่งของต้นทุนทางตรงของ โครงการมิฉะนั้นแล้วต้นทุนของโครงการจะมีค่าต่ำกว่าที่ควรจะเป็น ซึ่งมีผลทำให้การตัดสินใจเลือกโครงการไม่มีประสิทธิภาพ

2. ช่วยในการตัดสินใจว่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอันใดอันหนึ่งควรจะถูกนำไปใช้ประโยชน์สำหรับวัตถุประสงค์ใดในระหว่าง 2 วัตถุประสงค์ ที่แข่งขันกันหรือขัดแย้งกัน เช่น เก็บรักษาไว้ดังที่เป็นอยู่ (ผลประโยชน์ในการเก็บรักษาไว้ดังที่เป็นอยู่สามารถกะประมาณโดยวิธีการกำหนดค่าทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม) หรือพัฒนาไปใช้ประโยชน์ในรูปอื่น

i.1784294

สำนักหอสมุด
17 มิ.ย. 2558
TP
339
ป32ร
2556

ผู้ได้รับประโยชน์จากโครงการ

คือกลุ่มบุคคลที่จะได้รับประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากโครงการของรัฐ หรือกลุ่มบุคคลที่จะใช้สาธารณูปโภคที่ผลิตขึ้นมาโดยโครงการของรัฐวิสาหกิจ เช่น เกษตรกรที่จะได้รับน้ำจากโครงการชลประทานของรัฐผู้ใช้ทางด่วนซึ่งต้องจ่ายค่าผ่านทางและรวมถึงผู้ที่ใช้ถนนธรรมดาที่ใช้อยู่เดิมแต่มีการจราจรเบาบางลง

ผลประโยชน์ของโครงการจะถูกประเมินได้ก็ต่อเมื่อได้ทราบว่าใครคือผู้ได้รับประโยชน์จากโครงการมีจำนวนเท่าไร และแต่ละคนได้รับประโยชน์มากน้อยเพียงไร

ระยะคืนทุน (Payback period: PP)

ระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิจากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับค่าลงทุนของโครงการ การคำนวณหาระยะคืนทุนจึงอาจคำนวณหาได้ง่ายๆ ดังนี้

ระยะเวลาคืนทุน = ค่าใช้จ่ายในการลงทุน / ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลิตศักดิ์ จันทรุเบกษา, จันทร์ทิพย์ พูลประเสริฐ, สินีนันท์ อมร [2] ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมโรงไฟฟ้าชีวมวลที่ใช้วัสดุจากมะพร้าวเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งการศึกษาครั้งนี้จะแสดงถึงประโยชน์การนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรของประเทศมาใช้เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรทางการเกษตร โดยการศึกษาข้อมูลทุติยภูมิของสภาพทั่วไปและการใช้ประโยชน์จากมะพร้าว, สภาพทั่วไปและความเป็นมาของโครงการ ต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน และ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน ซึ่งจะทำให้ทราบถึงความเหมาะสมสำหรับการลงทุนของโครงการในแง่สังคมโดยรวม เพื่อดูว่าการมีโครงการจะมีความเหมาะสมในแง่ของสวัสดิการของสังคมหรือไม่อย่างไร เมื่อได้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดแล้วได้นำมาวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ (NPV) อัตราส่วนผลตอบแทนโครงการต่อต้นทุน (BCR) และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) ผลการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงินของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือใช้จากมะพร้าวพบว่า ณ อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 8.5 โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิประมาณ266 ล้านบาท อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนเท่ากับ 1.20 อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 16 และ ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าจากวัสดุเหลือใช้จากมะพร้าวพบว่า ณ อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 8.5 โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 389,258,100 บาท อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน 1.29 อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ มีค่าเท่ากับร้อยละ 27

เศรษฐ์ สัมภัตตะกูล [3] ได้ศึกษาการสมดุลพลังงานในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จ.แม่ฮ่องสอน สามารถผลิตกระไฟฟ้าได้ปีละ 654,577 kWh/ปี โดยปริมาณไฟฟ้าในกระบวนการผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เท่ากับ 16,995.6 kWh/ปี และไฟฟ้าที่ใช้ผลิตแบตเตอรี่ เท่ากับ 19,304.64 kWh/ปี และปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการที่จะผลิตกระแสไฟฟ้า 109,500 kWh/ปี ซึ่งในการสมดุลพลังงานกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าสามารถแสดงให้เห็นว่าในการที่จะผลิตกระแสไฟฟ้ามาได้ 1 kWh จะต้องใช้ปริมาณเชื้อเพลิงเท่าไรและปล่อยก๊าซต่างๆ ออกมาเท่าไร และจากตารางจะสามารถสรุปได้ว่า ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้มากที่สุดในการผลิตกระแสไฟฟ้า คือ ก๊าซธรรมชาติ รองลงมาคือ ถ่านหินและปริมาณก๊าซที่ปล่อยออกมาสูงสุดในกระบวนการผลิตไฟฟ้า คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

สุกมล หิญชีระนันทน์ [4] ได้ศึกษาค่ากรณีฐานการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ต่อหน่วยจากระบบไฟฟ้าของประเทศไทยมาจากการถ่วงน้ำหนักร้อยละ 50 ของค่า Operating margin (OM) และ Build margin (BM) emission ในการคำนวณค่า OM นั้นใช้วิธีการคำนวณแบบ Simple OM ซึ่งพิจารณาจากความพร้อมของข้อมูลที่เผยแพร่โดยใช้ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลการผลิตไฟฟ้า 3 ปี โดยคำนวณจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากระบบผลิตไฟฟ้าทั้งประเทศแต่ไม่รวมโรงไฟฟ้าที่เป็น LC/MC สำหรับค่า BM คำนวณจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากโรงไฟฟ้าสร้างใหม่ที่มีปริมาณหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้เป็นร้อยละ 20 ของระบบ ซึ่งทั้งค่า OM และ BM แสดงอยู่ในหน่วยตันคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ต่อเมกะวัตต์ชั่วโมง (t CO_2/MWh) จากผลการคำนวณแสดงว่าค่า OM เฉลี่ย 3 ปี ของการผลิตไฟฟ้าระหว่างปี พ.ศ. 2548 – 2550 มีค่าเท่ากับ 0.5716 และค่า BM ในปี พ.ศ. 2550 มีค่า 0.4398 ดังนั้นค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ต่อหน่วยไฟฟ้าในภาคการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2550 มีค่า 0.5057 (t CO_2/MWh)

จินต์ พันธุ์ชัยโย, ณัฐการย์ วงศ์ทองเหลือและคณะ [5] ได้ศึกษาวิธีการสำหรับวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น ในกิจกรรมโลจิสติกส์ย้อนกลับของอุตสาหกรรมขวดแก้ว ซึ่งใช้บริษัทบางกอกกล๊าสจำกัด เป็นกรณีศึกษา พบว่า ในส่วนของกิจกรรมรีไซเคิลมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาเท่ากับ 7,680,456 kg CO_2 ขณะที่กิจกรรมขนส่งในส่วนของโลจิสติกส์ขาเข้า (Inbound Logistics) นั้นมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 1080.93 kg CO_2 และ โลจิสติกส์ขาออก (Outbound Logistics) มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 949.17 kg CO_2 ซึ่งรวมแล้วมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในระบบโลจิสติกส์ย้อนกลับของบริษัทบางกอกกล๊าสจำกัด เท่ากับ 7,682,486.1 kg CO_2 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคการผลิตของประเทศไทย พบว่า กิจกรรมรีไซเคิลของบริษัทบางกอกกล๊าสมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คิดเป็น 0.245% ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อย

มาจากภาคการผลิตของประเทศไทย ขณะที่กิจกรรมการขนส่งของบริษัทมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 0.000047% ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาจากภาคการขนส่งของประเทศไทย

Muanjit Chamsilpa and Tanongkiat Kiatsiriroat [6] ได้นำการศึกษาการออกแบบสำรวจผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้งหมดในวัฏจักรชีวิต ทำการศึกษาของระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ความจุ 500 kWp จะทำการศึกษาประเมินผล 2 ชนิดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ คือ คริสตัลไลน์ (m-Si) ของเซลล์แสงอาทิตย์ และแบบฟิล์มบาง (amorphous silicon : a-Si) ศึกษา 3 สถานะ คือ ส่วนของการผลิต,การขนส่งจากโรงงานที่ผลิตของระบบไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ และกระบวนการดำเนินการผลิตไฟฟ้า ผลลัพธ์ของผลกระทบสิ่งแวดล้อมในระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ เปรียบเทียบกับระบบผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล ซึ่งประกอบด้วย ถ่านหิน,เชื้อเพลิง,น้ำมันดีเซลล์,และก๊าซธรรมชาติ ทั้งหมดโดยใช้ NETS (Numerical Environmental Total Standard) หรือ LCA-NETS มาวิเคราะห์

R. Garcia- Valverde,C. Miguel,R. martinez-Bejar, etc. [7] ได้ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตขนาด 4.2 kWp เป็นแบบสแตนด์อโลนของระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ (SAPV) ที่มหาวิทยาลัยมูร์เซีย (ทางตะวันออกเฉียงใต้ของสเปน) ที่ศึกษาเป็นแบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และแบตเตอรี่ ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่แพงที่สุดเมื่อนำมาเทียบกับสิ่งแวดล้อม โดยมีระยะเวลาคืนทุน energy pay-back time (EPBT) อยู่ที่ 9.08 ปี และมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2 emission) อยู่ที่ 131 g/kWh เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งแวดล้อมที่มีตัวเลือกอื่นๆ ที่เป็นอุปทาน (ดีเซลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและแบบสายส่งในสเปน) จะพบว่าแบบสแตนด์อโลน (SAPV)จะมีผลกระทบการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง

Andreas Sumper, Mercedes Robledo-Garcia, Roberto Villafafila-Robles,etc. [8] ได้ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตขนาด 200 kW ซึ่งอยู่บนหลังคาโดยเป็นระบบแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบโพลีคลิสตัลไลน์ซิลิคอน (polycrystalline silicon) การประเมินระยะเวลาคืนทุน (EPT) และอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) เป็นการประเมินวงจรชีวิตแบบ “upstream” and “downstream” พิจารณากระบวนการผลิตวัตถุดิบส่วนประกอบของระบบ การขนส่ง และการติดตั้ง ระยะเวลาคืนทุนที่กำหนดสำหรับเทคโนโลยีการติดตั้ง เมื่อเทียบกับ 2 เทคโนโลยีอื่นๆของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (monocrystalline and thin-film) ระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ที่ทำการวิเคราะห์ตั้งอยู่ใน Pineda de Mar คาตาโลเนีย,สเปน (Catalonia, Spain) มีระยะเลาคืนทุนพลังงานที่อัตราส่วน 4.36 ปี

A. Nishimura, Y. Hayashi, K. Tanaka,etc., [9] ได้ศึกษาภาระทางด้านสิ่งแวดล้อมของระบบการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ (PV) โดยประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) กรณีศึกษาในโตโยฮาชิ (Toyohashi) ของญี่ปุ่น และโกบี (Gobi) ในประเทศจีน ได้ศึกษาตำแหน่งการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ ที่มีภาระทางด้านสิ่งแวดล้อม และระยะเวลาคืนทุน (EPT) จากพลังงานที่มีความเข้มข้นสูง ของระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์รุ่น hcpV และ Multi-Crystalline Silicon กรผลิตไฟฟ้าของระบบ Mc-Si PV มีการศึกษาเป็นการผลิตกระแสไฟฟ้า ที่ขนาด 100 MW ผลกระทบโดยรวมของรุ่น hcpV ที่ติดตั้งในโตโยฮาชิ (Toyohashi) มีขนาดใหญ่กว่ารุ่น hcpV ที่ติดตั้งอยู่ในทะเลทรายโกบี (Gobi) 5% แต่ไม่พิจารณาขั้นตอนการรีไซเคิล จากระยะเวลาคืนทุน (EPT) ของรุ่น hcpV ที่สันนิษฐานการติดตั้งในทะเลทรายโกบี (Gobi) สั้นกว่าระยะเวลาคืนทุน ของรุ่น hcpV ที่สันนิษฐานการติดตั้งในโตโยฮาชิ (Toyohashi) อยู่ 0.64 ปี นอกจากนั้นยังมีหนังสือรับรองการเปรียบเทียบระหว่าง รุ่น hcpV กับ Mc-Si PV โดยมีอัตราส่วนของผลกระทบทั้งหมดของ Mc-Si PV กับรุ่น hcpV อยู่ 0.34 โดยไม่พิจารณาขั้นตอนการรีไซเคิลจากระยะเวลาคืนทุน (EPT) ของรุ่น hcpV จะยาวนานกว่า ระยะเวลาคืนทุน (EPT) ของ Mc-Si PV อยู่ 0.27 ปี และปริมาณรังสีแสงอาทิตย์ของโลกที่เอื้อต่อปริมาณพลังงานของรุ่น Mc-Si PV ที่มีขนาดใหญ่ จากรังสีแสงอาทิตย์โดยตรงที่เอื้อต่อปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากรุ่น hcpV ประมาณ 188 kWh(m2 year) ในทะเลทรายโกบี (Gobi) ดังนั้นการใช้รุ่น Mc-Si PV ในทะเลทรายโกบีเป็นตัวเลือกที่ดีที่สุด

R. Kannan, K.C. Leong, R. Osman,etc. [10] ได้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด mono-crytalline ขนาด 2.7 kWp ที่ต่อเชื่อมกับสายส่งที่ติดตั้ง ณ ประเทศสิงคโปร์ที่มีค่ารังสีอาทิตย์และ ambient ที่แตกต่างกัน โดยค่า [greenhouse gas emissions (GHG)] จากพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าน้อยกว่าสี่เท่าของ [greenhouse gas emissions (GHG)] จากโรงไฟฟ้าที่ใช้น้ำมัน และครึ่งหนึ่งของโรงไฟฟ้าที่ใช้ก๊าซ

Fei Yao, Yuan Jia and Zongqiang Mao [11] ได้ทำการประเมินต้นทุนโดยใช้การวิเคราะห์ต้นทุนวัฏจักรชีวิตของพลังงานไฮโดรเจนตลอดวงจรชีวิตที่มุ่งเน้นการเลือกแผนการหรือกลยุทธ์ เพื่อแสดงให้เห็นถึงต้นทุนในทุกขั้นตอน และเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของความสัมพันธ์ของกระบวนการผลิตไฮโดรเจนทั้งหมด ซึ่งได้วิเคราะห์ทั้งหมด 14 โปรแกรม มีวิธีการผลิตไฮโดรเจน 3 แบบ คือ จาก Coal Gasification, Natural gas steam reforming และ Electrolysis of water นอกจากนั้นยังแบ่งทางด้านการจัดเก็บและการขนส่ง รวมถึงการใช้งานไฮโดรเจนด้วย ผลการวิเคราะห์พบว่า โปรแกรมที่มีต้นทุนต่ำที่สุด คือ การผลิตไฮโดรเจนด้วยวิธีNatural gas steam reforming (การเปลี่ยนรูปไอน้ำด้วยก๊าซธรรมชาติ) อัดลงขวดหรือถังด้วยความดันสูง และ ถูกขนส่งโดยรถยนต์ไปยังสถานีเติมไฮโดรเจน จากนั้นจึงนำไฮโดรเจนไปใช้ในเครื่องยนต์สันดาปภายในของรถโดยสาร ต้นทุนรวมได้ 5.98 $/kgH2 รองลงมาคือ การผลิตไฮโดรเจนด้วยวิธี Natural gas steam reforming ขนส่งไฮโดรเจนไปยังวิธีสถานีเติมโดยเรือบรรทุก แล้วนำไฮโดรเจนไปใช้ในเครื่องยนต์สันดาปภายในของรถโดยสาร ต้นทุนรวมได้

6.01 $/kgH2 ส่วนการผลิตไฮโดรเจนด้วยวิธี Electrolysis of water ถูกเก็บไว้ในสถานีเติม แล้วนำไฮโดรเจนไปใช้ในเครื่องยนต์สันดาปภายในของรถโดยสาร ต้นทุนรวมได้ 6.29 $/kgH2

อรกมล เห็นชอบดี, สุเทพ เขียวหอม และ ชัยฤทธิ์ สัตยาประเสริฐ [12] ได้ทำการศึกษาระบบการผลิตไฟฟ้าความร้อนร่วมกับระบบการผลิตก๊าซจากชีวมวล ซึ่งเลือกใช้แก๊สซิไฟเออร์ ประเภทฟลูอิดไดซ์เบดชนิดบับเบิลแบบเป่าอากาศ ที่สภาวะความดันต่ำ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการเลียนแบบกระบวนการ โดยในงานวิจัยนี้พิจารณาการใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในประเทศไทยซึ่งมีศักยภาพในการใช้เป็นวัตถุดิบป้อน และศึกษาถึงสภาวะการดำเนินงานที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพทางความร้อนของการผลิตกระแสไฟฟ้าสูงและมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ ซึ่งตัวแปรการดำเนินงานที่ทำการศึกษาในครั้งนี้คือ อัตราการป้อนวัตถุดิบ อุณหภูมิของแก๊สซิไฟเออร์ อัตราการป้อนอากาศในแก๊สซิไฟเออร์ และอัตราการป้อนอากาศในกังหันก๊าซ การประเมินวัฏจักรสิ่งแวดล้อมเป็นการหาผลกระทบของผลิตภัณฑ์ ในงานวิจัยนี้สนใจวัฏจักรของกระบวนการผลิตไฟฟ้าความร้อนร่วมกับระบบการผลิตก๊าซ ซึ่งได้มาจากโปรแกรมออกแบบจำลอง Aspen. โดยเราจะทำการประเมินผลกระทบ 3 ระบบ คือ สุขภาพของมนุษย์, ด้านระบบนิเวศ และ การลดลงของแหล่ง ทรัพยากร โดยใช้วิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม วิธี Eco-indicator 99 ในโปรแกรม SimaPro@ จากผลการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาวะการดำเนินงานของการผลิตไฟฟ้าความร้อนร่วมกับระบบการผลิตก๊าซส่งผลอย่างชัดเจนต่อประสิทธิภาพทางความร้อน ปริมาณกระแสไฟฟ้าสุทธิ และสมรรถนะด้านสิ่งแวดล้อม การใช้กะลาปาล์มเป็นวัตถุดิบป้อนจะให้ปริมาณ กระแสไฟฟ้าสุทธิมากที่สุด และการใช้ฟางข้าวเป็นวัตถุดิบจะให้ประสิทธิภาพทางความร้อนสูงสุด แต่จากการประเมินผลทางสิ่งแวดล้อมพบว่า กะลาปาล์ม ให้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด โดยทางเลือกที่ดีที่สุดในงานวิจัยนี้ การเลือกใช้ฟางข้าวเป็น วัตถุดิบป้อนในกระบวนการผลิตไฟฟ้าความร้อนร่วมกับระบบการผลิตก๊าซ

พิรญาณ์ สงวนเนตร [13] ได้ทำการประยุกต์ใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตอะคริโลไนไทรล์ โดยพิจารณาตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบจนกลายเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งพิจารณา 3 ทางเลือกที่แตกต่างกันได้แก่ 1. กระบวนการผลิตแบบทั่วไป ซึ่งใช้โพรพิลีนเป็นสารตั้งต้น 2. กระบวนการผลิตซึ่งใช้โพรเพนเป็นสารตั้งต้นโดยมีสายป้อนกลับ และ 3. กระบวนการผลิตซึ่งใช้โพรเพนเป็นสารตั้งต้นโดยไม่มีสายป้อนกลับ ได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการเลียนแบบกระบวนการทั้ง 3 เส้นทางและสร้างข้อมูลปริมาณวัตถุดิบ พลังงานที่ใช้ และ ปริมาณสารที่ออกจากระบวนการผลิต และ ดัชนีสิ่งแวดล้อม ได้ใช้ Eco-indicator 99 ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม ผลการศึกษาพบว่า ในขอบเขตขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบทางเลือกที่ 3 มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ซึ่งในขอบเขตของขั้นตอนการผลิตอะคริโลไนไทรล์และในขอบเขตตั้งแต่การผลิตวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตจนถึงขั้นตอนการผลิตอะคริโลไนไทรล์ ทางเลือกที่ 1 มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ส่วนทางเลือกที่ 2 มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดในทุกขอบเขต จากการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมภายใต้

ความไม่แน่นอนของข้อมูลและสภาวะการดำเนินการ ของทางเลือกที่ 1 และ ทางเลือกที่ 3 ในขอบเขตตั้งแต่การผลิตวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต จนถึงขั้นตอนการผลิตอะคริโลไนไทรล์ พบว่า ทางเลือกที่ 1 มีค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า ทางเลือกที่ 3 ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 91.7 การปรับปรุงกระบวนการโดยใช้ข่ายงานเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนส่งผลให้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลดลง

วารุณี มุสิกชาติ [14] ได้ทำการศึกษาการประเมินหากระบวนการที่เหมาะสม ในการสังเคราะห์คาร์บอนาโนทิวบ์ชนิดผนังหลายชั้น (MWNTs) ที่สังเคราะห์ด้วยวิธี Chemical Vapor Deposition (CVD) โดยการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การประเมินความเสี่ยงและการพิจารณาต้นทุนการผลิต การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนการสกัดวัตถุดิบขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบและขั้นตอนการผลิต MWNTs กระบวนการ CVD เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการสังเคราะห์ MWNTs เนื่องจากเป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อนและให้ผลิตภัณฑ์ในปริมาณมาก งานวิจัยนี้ได้ประเมินกระบวนการ CVD 3 แบบ ที่มีการใช้สารตั้งต้นและคะตะลิสต์ที่ต่างกัน คือ การสังเคราะห์ MWNTs โดยใช้อีเทนและเหล็กบนอะลูมินา, อะเซทิลีนและเหล็กกับโคบอลต์บนแคลเซียมคาร์บอเนต และ อะเซทิลีนและโคบอลต์กับโมลิบดีนัมบนแมกนีเซียมออกไซด์ พบว่า การสังเคราะห์ MWNTs โดยใช้อีเทนเป็นสารตั้งต้นและใช้เหล็กบนอะลูมินาเป็นคะตะลิสต์ มีผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์, ระบบนิเวศน์ และการใช้ทรัพยากรน้อยที่สุด ผลกระทบที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากการผลิตอีเทนและอลูมินา และเป็นกระบวนการที่มีความเสี่ยงน้อยที่สุด เนื่องจากเกิด FeCl3 และ KAL(OH)4 ที่เป็นอันตรายน้อยกว่าอีก 2 กระบวนการ สำหรับขั้นตอนที่มีความเสี่ยงมากที่สุด คือ การเตรียมคะตะลิสต์ที่มีโอกาสปล่อยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ออกมาอีกทั้งกระบวนการนี้ยังมีค่าใช้จ่ายจากต้นทุนของสารเคมีต่ำที่สุดอีกด้วย ดังนั้นกระบวนการสังเคราะห์ MWNTs โดยใช้อีเทนเป็นสารตั้งต้นและใช้เหล็กบนอะลูมินาเป็นคะตะลิสต์ จึงเป็นกระบวนการที่มีความเหมาะสมในการขยายสู่ระดับอุตสาหกรรมมากที่สุด เมื่อประเมินจากผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม, ความเสี่ยงและต้นทุนการผลิต กระบวนการนี้สามารถสังเคราะห์ MWTs ได้ 20 กรัมต่อกรัมของคะตะลิสต์ต่อชั่วโมง MWNTs มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 นาโนเมตร ความบริสุทธิ์ 95-98 %

ปราณี หนูทองแก้ว [15] ได้ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน ซึ่งทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นใน 3 ช่วงกระบวนการได้แก่ กระบวนการทางการเกษตร การผลิตไบโอดีเซลปาล์มน้ำมัน และการนำไบโอดีเซลไปใช้งาน ในการศึกษาได้จัดทำบัญชีรายการวัตถุดิบและพลังงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางการเกษตร การผลิตไบโอดีเซล และการนำไบโอดีเซลไปใช้งาน ในการศึกษาจะพิจารณาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการได้มาซึ่งไบโอดีเซล 1 ลิตร โดยนำผลจากบัญชีรายการมาทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม พิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้วัตถุดิบและพลังงานในแต่ละกระบวนการที่เกี่ยวข้อง และเปรียบเทียบการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมกับผลจากโปรแกรม

สำเร็จรูป SimaPro ซึ่งพิจารณาผลกระทบที่เกิดในแง่การใช้ทรัพยากร สุขภาพอนามัยของมนุษย์ และผลกระทบต่อระบบนิเวศ เป็นต้น จากการศึกษาพบว่าในขั้นตอนของการนำไปใช้งานมีการใช้พลังงานมากที่สุด รองลงมา คือ กระบวนการผลิต และกระบวนการทางการเกษตรตามลำดับ และจากการประเมินผลกระทบโดยโปรแกรมสำเร็จรูป พบว่า ในขั้นตอนการนำไปใช้งาน ก่อให้เกิดความรุนแรงของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 52.09 ของผลกระทบทั้งหมด รองลงมา คือ การผลิตไบโอดีเซล และกระบวนการทางการเกษตร ซึ่งมีค่าผลกระทบ ร้อยละ 41.21 และร้อยละ 6.7 ตามลำดับ โดยผลที่ได้สอดคล้องกับการวิเคราะห์ผลกระทบจากบัญชีรายการ เมื่อพิจารณาถึงความคุ้มค่าในการลงทุน โดยการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ตลอดวัฏจักรชีวิต กำหนดให้โครงการมีอายุ 25 ปี พบว่า ต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซล 1 ลิตร เท่ากับ 19.86 บาท

ชลธิชา สุทธิบุตร [16] ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตและต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากสบู่ดำ การศึกษาวิจัยนี้ใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิตมาวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากสบู่ดำ โดยแบ่งการศึกษาและเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมออกเป็น 3 ช่วงกระบวนการ คือ การเพาะปลูก การผลิตและการนำไปใช้ ผลที่ได้ พบว่า ไบโอดีเซลจากสบู่ดำก่อให้เกิดผลกระทบมากที่สุดในขั้นตอนการเพาะปลูก รองลงมาคือการนำไปใช้ และการผลิตไบโอดีเซลตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับวัฏจักรชีวิตของน้ำมันดีเซล พบว่า ในขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซล สบู่ดำนั้นก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าขั้นตอนการผลิตน้ำมันดีเซล 47.12 % แต่ในการใช้งานไบโอดีเซลสบู่ดำนั้นก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าการใช้งานน้ำมันดีเซล เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตพบว่า ต้นทุนในการดำเนินการทั้งในการเกษตรและการผลิตไบโอดีเซลนั้นมีมูลค่ามาก ในขณะที่ราคาต่อลิตรของไบโอดีเซลสบู่ดำไม่คิดรวมต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมนั้นสูงกว่าราคาดีเซล ในปัจจุบัน โดยมูลค่าต้นทุนการผลิตไบโอดีเซลสบู่ดำคิดเป็น 29.09 บาทต่อลิตร และคิดเป็น 33.72 บาทต่อลิตร เมื่อรวมต้นทุนทางสิ่งแวดล้อม

จันทิมา ริ้วลายเงิน [17] ได้ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตและการวิเคราะห์ต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วในระบบการผลิตขนาดเล็กด้วยเครื่องผลิตไบโอดีเซล CMU-2 ซึ่งแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนคือ การจัดหาวัตถุดิบ กระบวนการผลิต และการนำไปใช้งาน พบว่า ในขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบให้ค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ร้อยละ 0.15 กระบวนการผลิตให้ค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ร้อยละ 17.45 ส่วนขั้นตอนการใช้งานให้ค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ร้อยละ 82.40 ถึงแม้ขั้นตอนการใช้งานจะให้ค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสูงสุด แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลแล้วไบโอดีเซลสามารถลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมลงได้ ร้อยละ 34.60 โดยเมื่อคำนึงถึงความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ จะมีต้นทุนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว ลิตรละ 17.02 บาท

นรินทร์ ตุงคะศิริ [18] ได้ทำการศึกษาค่าผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง โดยการใช้รังสีอาทิตย์ช่วยในการกลั่น โดยการศึกษาเป็นไปตามอนุกรม ISO 14000 และใช้วิธี Environment Design of Industrial Product 97 (EDIP 97) ของโปรแกรม Simapro 7 ช่วยในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยขอบเขตของการศึกษาเริ่มจาก การเพาะปลูกมันสำปะหลัง การขนส่งหัวมันสำปะหลัง การผลิตมันเส้น การขนส่งมันเส้น การหมักน้ำส่า และการกลั่นเอทานอล ซึ่งหน่วยการทำงานคือ 50 ลิตรเอทานอลที่มีความเข้มข้น 70% โดยปริมาตรต่อวัน ในการจัดทำปัญชีรายการได้ใช้ข้อมูลจากเอกสารทางที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่งานวิจัยด้านนี้ ร่วมกับข้อมูลที่ได้จากโรงงานผลิตเอทานอลระดับชุมชน ที่บ้านวังศิลา จังหวัดนครราชสีมา จากการศึกษาพบว่า ค่าผลกระทบที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรการผลิตเอทานอลดังกล่าว เท่ากับ 0.342 Point (pt) โดยขั้นตอนที่มีผลกระทบมากที่สุดคือ ขั้นตอนของการหมักน้ำส่า (เอทานอล 7-10%) ซึ่งมีค่าผลกระทบ เท่ากับ 0.178 Point (pt) หรือมากกว่า 50% ของค่าผลกระทบที่เกิดขึ้นทั้งหมด และการเกิดพิษจากน้ำที่ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมแบบเฉียบพลัน (Ecotoxicity Water Acute) จะเป็นประเภทผลกระทบที่ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดจากทุกขั้นตอนรวมกัน และจากการคำนวณต้นทุนของการกลั่นเอทานอลด้วยรังสีอาทิตย์จากความเข้มข้นเริ่มต้น 7-10% โดยปริมาตร จนได้ความเข้มข้น 70% โดยปริมาตร ของชุมชนต้นแบบเท่ากับ 14.33 บาท/ลิตร และเมื่อนำไปรวมกับต้นทุนสิ่งแวดล้อม (Externality Cost) จะส่งผลให้ต้นทุนในการกลั่นเอทานอลมีค่าเท่ากับ 15.70 บาท/ลิตร

ชนาภา วรรณศรี (2551) [19] ประเมินวัฏจักรชีวิตและต้นทุนของการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น ใช้กระถินยักษ์เป็นเชื้อเพลิง พบว่าใช้พลังงาน 24.03 MJ ในการผลิตกระแสไฟฟ้า 1 kWh และเก็บข้อมูลในทุกขั้นตอนที่เกี่ยวข้อง ตั้งแต่ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการขนส่ง ขั้นตอนการแปรรูปไม้ และขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า ผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro ด้วยวิธี EDIP/UMIP 97 พบว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 1.66×10^{-4} Pt ต่อไฟฟ้าปริมาณ 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมงที่ผลิตขึ้น โดยขั้นตอนที่เกิดผลกระทบมากที่สุด คือ ขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้าร้อยละ 70.5% ของผลกระทบทั้งหมด เนื่องจากในการดำเนินงานในโรงไฟฟ้า มีขั้นตอนลำเลียงชีวมวล การทำความสะอาดแก๊สเชื้อเพลิง และระบบควบคุมต่างๆเข้ามาเกี่ยวข้อง รองลงมาคือ ขั้นตอนการแปรรูปใช้พลังงานจาก 2 ส่วน คือ พลังงานไฟฟ้า และน้ำมันเบนซิน ขั้นตอนการขนส่ง และขั้นตอนการเพาะปลูก คิดเป็นร้อยละ 26.7% 2.0% 1.3% ตามลำดับ ราคาต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 5.17 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับราคาต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน มีราคาต้นทุน 1.75-3.00 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง และ 1.50-1.75บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง ตามลำดับดังนั้นราคาต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สซิฟิเคชั่นของไม้โตเร็วมีต้นทุนในการผลิตสูง และเมื่อพิจารณารวมต้นทุนสิ่งแวดล้อมเข้าไป ราคาต้นทุนจะเพิ่มขึ้นเป็น 5.38 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมีผลกระทบมากที่สุด 2 อันดับแรก คือ การสะสมสารพิษในน้ำ 32.57% และการเกิดสารพิษในน้ำแบบเฉียบพลัน 31.63% เนื่องจากการใช้น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซินและพลังงานไฟฟ้า

วิภาศรี เรืองเนตรและคณะ (2554) [20] การประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินเพื่อใช้กับเตาเผาเหล็กในประเทศไทย โดยมีขอบเขตตั้งแต่ขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ ขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบไปยังโรงงาน ขั้นตอนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง และขั้นตอนการนำก๊าซเชื้อเพลิงไปใช้ พบว่าขั้นตอนการนำก๊าซเชื้อเพลิงไปใช้กับเตาเผาเหล็ก มีปริมาณการใช้พลังงานมากที่สุด ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา 2922.81 กรัม ส่วนขั้นตอนที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ สูงถึง 70.9%เทียบกับขั้นตอนอื่นๆ

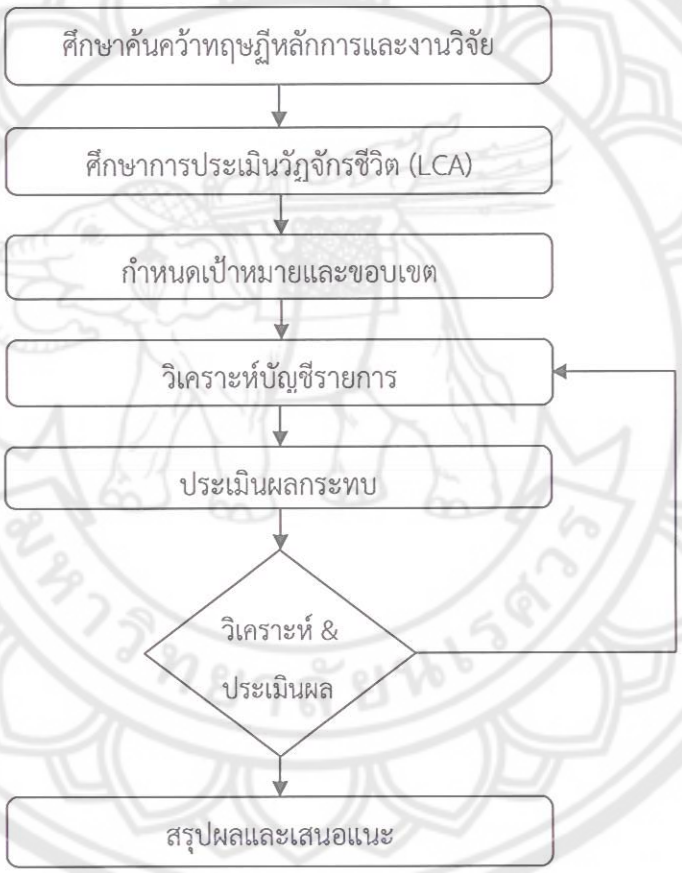
ดังนั้นในการวิจัยนี้ จะประเมินการได้มาของเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) แบบอากาศไหลลง (Down draft) ซึ่งประกอบด้วยเตาแก๊สซิไฟเออร์ (Gasifier) การทำความสะอาดแก๊ส (Gas Cleaning) และเครื่องยนต์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Engine + Generator) โดยคำนวณสารเข้า และสารออก ซึ่งเป็นขอบเขตการศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลตลอดวัฏจักรชีวิต ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ จนถึงการผลิตไฟฟ้า และการกำจัดซาก

การประเมินการได้มาของเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) แบบอากาศไหลลง (Down draft) ในงานวิจัยนี้สามารถใช้บ่งชี้ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นเฉพาะประเด็นด้านการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) เท่านั้น หรือการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้น (Carbon Footprints) ซึ่งไม่ได้นำผลกระทบสิ่งแวดล้อมในประเด็นอื่นๆมาร่วมประเมินด้วย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยนี้จะดำเนินงานตามขั้นตอนของการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) และมีวิธีการดำเนินการวิจัย แสดงดังภาพที่ 7

วิธีการดำเนินการวิจัย

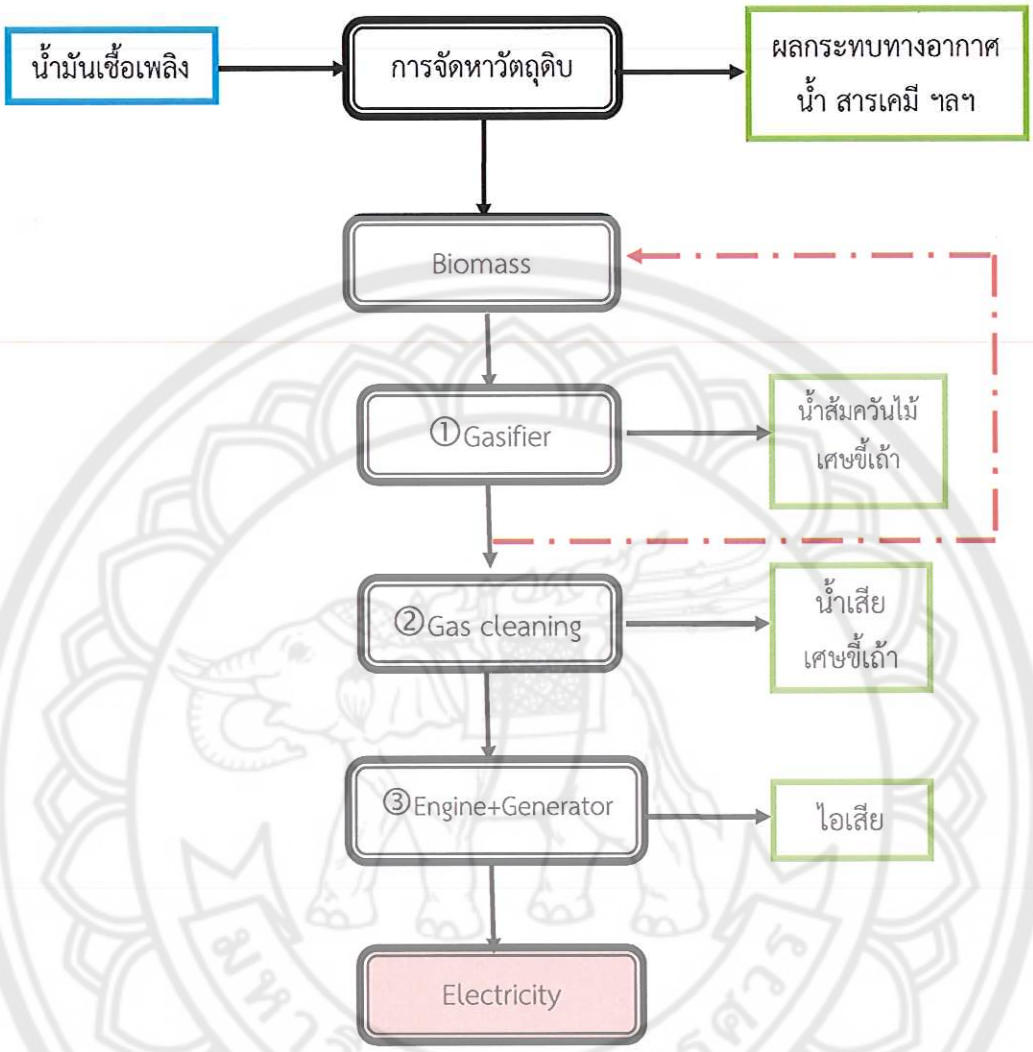


ภาพ 7 ขั้นตอนการทำวิจัย

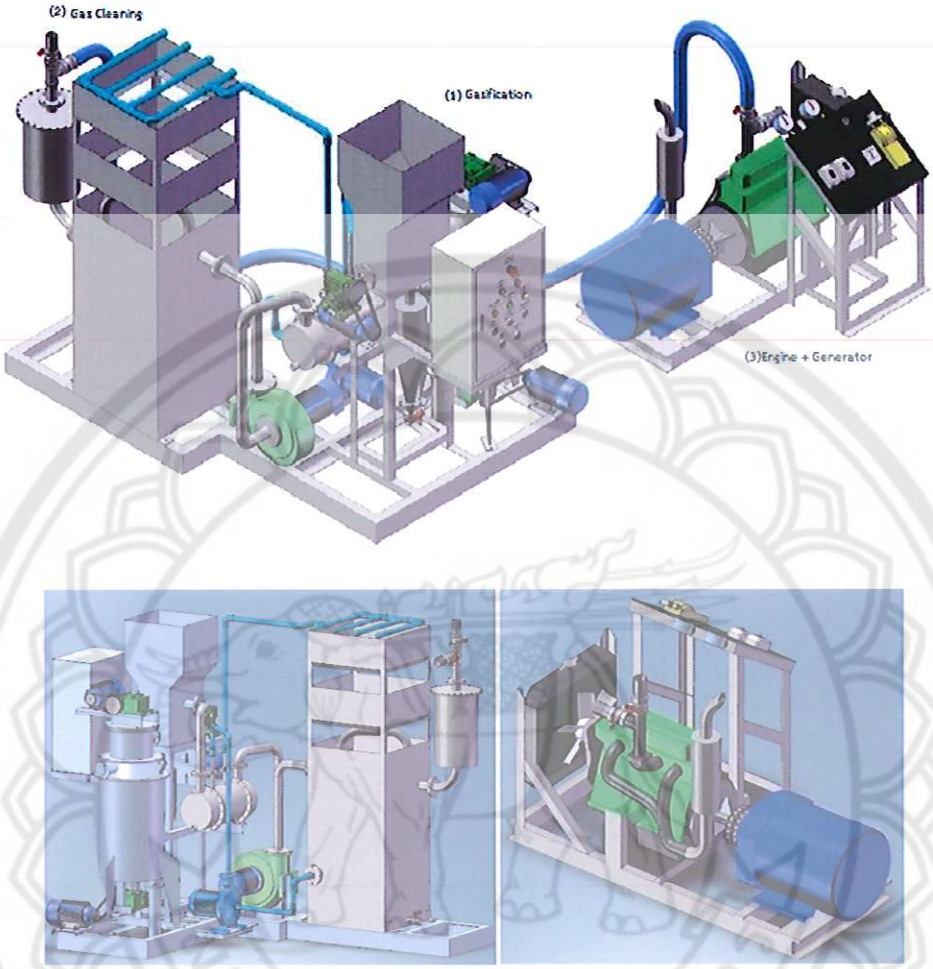
วิธีการดำเนินการวิจัยนี้จะดำเนินงานตามขั้นตอนของ LCA ของ ISO 14040 ดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล พร้อมกำหนดขอบเขตการวิจัย
2. ตรวจวัดสารเข้าและสารออก เพื่อนำมาจัดทำบัญชีรายการซึ่งจะวัดปริมาณเชื้อเพลิงและน้ำที่ใช้
3. จัดทำบัญชีรายการ เพื่อนำมาประเมินผบกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ของการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล
4. การวิเคราะห์บัญชีรายการ
5. แปรผลการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์
6. สรุปผลการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินการได้มาของเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) แบบอากาศไหลลง (Down draft) ซึ่งประกอบด้วยเตาแก๊สซิไฟเออร์ (Gasifier) การทำความสะอาดแก๊ส (Gas Cleaning) และเครื่องยนต์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Engine + Generator) แสดงดังภาพที่ 8 เป็นการแสดงของสารเข้า และสารออก ซึ่งเป็นขอบเขตการศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลตลอดวัฏจักรชีวิตตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ จนถึงการผลิตไฟฟ้า และการกำจัดซาก ส่วนภาพที่ 9 เป็นเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น ขนาด 10 kW



ภาพ 8 แสดงกรอบแนวความคิด และขอบเขตการวิจัย LCA ของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน



ภาพ 9 เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น ขนาด 10 kW

การประเมินการได้มาของเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) แบบอากาศไหลลง (Down draft) ในงานวิจัยนี้สามารถใช้บ่งชี้ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นเฉพาะประเด็นด้านการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) เท่านั้น ไม่ได้นำผลกระทบสิ่งแวดล้อมในประเด็นอื่นๆมาร่วมประเมินด้วย โดยบัญชีรายการและค่าแฟคเตอร์แสดงดังตารางที่ 5 - 9

ตาราง 5 บัญชีรายการและค่าแฟคเตอร์การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงการขนส่งวัตถุดิบ/การเตรียมเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้า

ขั้นตอน	ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$ / หน่วย)	แหล่งอ้างอิงข้อมูล	ปริมาณ
การขนส่ง					
	- รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading	tkm	0.2681	Thai national database	36
	- รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading	km	0.3111	Thai national database	36
การเตรียมเชื้อเพลิง	- Electricity	kWh	0.6093	Thai national database	746.46

การขนส่งวัตถุดิบหรือเศษไม้ กิ่งไม้จากการตัดแต่งกิ่งไม้รอบมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นมีการใช้เชื้อเพลิง 4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หากระบบแก๊สซิฟิเคชั่นมีการทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวันจะต้องใช้เชื้อเพลิง 96 กิโลกรัมต่อวัน หรือ 31,680 กิโลกรัมต่อปี หรือประมาณ 32 ตัน ดังนั้นหากมีการตัดแต่งกิ่งไม้เดือนละ 1 ครั้ง จะทำให้มีการขนส่งมาที่วิทยาลัยพลังงานทดแทน เดือนละประมาณ 3 ตันซึ่งคิดเป็น 50% Loading

ของขนาดรถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก ที่มีน้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน โดยคิดเป็นระยะทางประมาณ 3 กิโลเมตร รอบมหาวิทยาลัยฯ หรือคิดเป็น 36 กิโลเมตรต่อปีที่จะต้องทำการขนส่งกิ่งไม้

การเตรียมเชื้อเพลิง ใช้เครื่องสับไม้ขนาด 3 แรง หรือ 2,262 วัตต์ (Watt) ทำงาน 330 วันๆละ 1 ชั่วโมง ดังนั้น จะมีการใช้ไฟฟ้าสำหรับการเตรียมเชื้อเพลิงประมาณ 746.46 กิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh) ต่อปี

ตาราง 6 บัญชีรายการและค่าแฟคเตอร์การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงการจัดหาวัตถุดิบและประกอบชิ้นส่วนของเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น

ขั้นตอน	ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$ / หน่วย)	แหล่งอ้างอิงข้อมูล	ปริมาณ
จัดหาวัตถุดิบ/การประกอบชิ้นส่วน					
	- เหล็กหล่อ	kg	1.6382	Ecoinvent 2.2, IPCC2007 GWP 100a	1,335
	- Electricity	kWh	0.6093	Thai national database	3,000

จากการถอดแบบพบว่าเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นมีการใช้เหล็กประมาณ 1,335 กิโลกรัม และมีการใช้ไฟฟ้าสำหรับเชื่อมต่อประมาณ 3,000 kWh

ตาราง 7 บัญชีรายการและค่าแฟคเตอร์การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของช่วงการขนส่งเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น

ขั้นตอน	ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$ / หน่วย)	แหล่งอ้างอิงข้อมูล	ปริมาณ
การขนส่ง					
	- รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading	tkm	0.1240	Thai national database	5
	- รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading	km	0.4246	Thai national database	5

ระยะทางจากโรงงานประกอบเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นมายังวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร มีระยะทางประมาณ 5 กิโลเมตร และใช้รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading

ตาราง 8 บัญชีรายการและค่าแฟคเตอร์การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงการใช้งาน

ขั้นตอน	ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$ / หน่วย)	แหล่งอ้างอิงข้อมูล	ปริมาณ
การใช้งาน					
	- ผ้าทอฝ้าย	kg	18.2400	โครงการพัฒนาข้อกำหนดรายผลิตภัณฑ์ฯ: ประเภทผลิตภัณฑ์สิ่งทอ, 2554	1.5
	- น้ำประปา	kg	0.0003	Ecoinvent 2.0, IPCC 2007 GWP 100a	200

ช่วงการใช้งาน หรือช่วงการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นจะมีการใช้ถุงผ้าฝ้ายเพื่อเป็นตัวกรองแก๊สและมีการใช้น้ำเพื่อลดอุณหภูมิแก๊สและควบคุมให้อยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลลเซียส

ตาราง 9 บัญชีรายการและค่าแฟคเตอร์การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงการกำจัดซาก

ขั้นตอน	ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$ / หน่วย)	แหล่งอ้างอิงข้อมูล	ปริมาณ
การกำจัดซาก					
	- ขยะมูลฝอย	kg	1.3000	Thai national database	1.5
	- เหล็ก	kg	-		recycle

ช่วงการกำจัดซากมีขยะมูลฝอยที่เกิดจากการใช้ถุงผ้าฝ้ายเพื่อเป็นตัวกรองแก๊สส่วนเหล็ก สามารถนำกลับมาใช้ใหม่หรือขายเป็นขยะ Recycle ได้

การผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นขนาด 10 kW โดยกำหนดให้ระยะเวลาการทำงานเป็น 24 ชั่วโมงต่อวัน 330 วันต่อปี จะมีปริมาณการผลิตไฟฟ้าต่อปีของโรงไฟฟ้าชีวมวลด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น เท่ากับ 79,200 kWh

การประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์

การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Cost: LCC) คือ การประเมินต้นทุนที่เกิดขึ้นตลอดช่วงชีวิตหรืออายุการใช้งานของระบบที่ทำการศึกษา ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบ ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา รวมถึงค่าใช้จ่ายทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการปล่อยสารพิษหรือมลพิษของกระบวนการต่างๆในระบบ ตลอดช่วงชีวิตของระบบนั้น เช่น การผลิตกระแสไฟฟ้าก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากมาย ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน การเกิดภาวะฝนกรด เป็นต้น ในการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตจะรวมต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมเข้าไปด้วย

การกำหนดรูปแบบการวิเคราะห์ระบบ (Cost profile development) และการประเมินต้นทุน (Evaluation)

เป็นวิธีการที่ผสมผสานกันระหว่างความรู้เชิงเศรษฐศาสตร์และความรู้เชิงวิศวกรรม โดยจะพิจารณาค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงอายุการใช้งานของระบบหนึ่งๆอันได้แก่ เงินลงทุนในการติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ (Capital Cost) ค่าแรงในการติดตั้งระบบ (Labor and Installation Costs) ค่าบำรุงรักษาระบบ (Maintenance Costs) ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ (Running Costs) และค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนอุปกรณ์ในระบบ (Replacement Costs) การประเมินค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานสามารถเขียนอธิบายให้อยู่ในรูปของสมการดังนี้

$$LCC = CC + CO + CM + CF - S$$

เมื่อ CC = ต้นทุนคงที่ (บาท)

CO = ต้นทุนในการดำเนินการ (บาท)

CM = ต้นทุนในการซ่อมบำรุง (บาท)

CF = ต้นทุนเชื้อเพลิงหรือพลังงาน (บาท)

S = มูลค่าซาก (บาท)

ตาราง 10 รายการค่าใช้จ่ายของเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น 10 kW

รายการ	รายละเอียด	ค่าใช้จ่าย (บาท)
ต้นทุนคงที่ (CC)		
	- เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น	400,000
ต้นทุนในการดำเนินการ(CO)		
	- น้ำประปาในช่วงการผลิตไฟฟ้า 200 ลิตรๆละ 15 บาท	3,000 ต่อปี
	- ถุงผ้าดิบในช่วงการผลิตไฟฟ้า 24 ถุงๆละ 40 บาท	960 ต่อปี
	- แรงงาน จำนวน 3 คนๆละ 300 บาท (8 ชม.)	297,000 ต่อปี
ต้นทุนในการซ่อมบำรุง (CM)		
	- ร้อยละ 5 ของต้นทุนเทคโนโลยีฯ	20,000 ต่อปี
ต้นทุนเชื้อเพลิงหรือพลังงาน (CF)		
	- น้ำมันดีเซลในช่วงการขนส่งวัตถุดิบ 10 ลิตรๆ ละ 31 บาท	310 ต่อปี
	- ไฟฟ้าในช่วงการเตรียมเชื้อเพลิง 746.46 kWh (3.9189 บาท/kWh) [21]	2,925.30 ต่อปี
มูลค่าซาก (S)		
	- ร้อยละ 10 ของต้นทุนเทคโนโลยีฯ	40,000

ทั้งนี้ อ้างอิงอัตราดอกเบี้ยเงินกู้จากธนาคารกรุงไทย [22] อัตราดอกเบี้ยลูกค้ารายย่อยชั้นดี (Minimum Retail Rate: MRR) เป็นอัตราคิดลดที่ร้อยละ 8 และกำหนดให้อายุการใช้งาน 10 ปี

การคำนวณหาปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ (Net CO_2 emission) สามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$\text{Net } CO_2 \text{ emission} = CO_2 \text{ emission} - CO_2\text{reduction}$$

เมื่อ

Net CO_2 emission = ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ

CO_2 emission = ปริมาณที่ปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์

CO_2reduction = ปริมาณที่ลดการปล่อยฯ (ในช่วงการผลิตไฟฟ้า)

บทที่ 4

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาการประเมินการได้มาของเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) แบบอากาศไหลลง (Down draft) ซึ่งประกอบด้วยเตาแก๊สซิไฟเออร์ (Gasifier) การทำความสะอาดแก๊ส (Gas Cleaning) และเครื่องยนต์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Engine + Generator) โดยคำนวณสารเข้า และสารออก ซึ่งเป็นขอบเขตการศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลตลอดวัฏจักรชีวิต ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ จนถึงการผลิตไฟฟ้า และการกำจัดซาก

การประเมินการได้มาของเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) แบบอากาศไหลลง (Down draft) ในงานวิจัยนี้สามารถใช้บ่งชี้ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นเฉพาะประเด็นด้านการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) เท่านั้น หรือการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้น (Carbon Footprints) แสดงดังตารางที่ 11 - 15

ตาราง 11 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงการขนส่งวัตถุดิบ/การเตรียมเชื้อเพลิง

สารเข้า	ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า	หน่วย
การขนส่ง	20.8512	$kgCO_2eq$
การเตรียมเชื้อเพลิง	454.8181	$kgCO_2eq$
รวมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า	475.6693	$kgCO_2eq$

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในช่วงการขนส่งวัตถุดิบ (เศษไม้ กิ่งไม้) มีค่าเท่ากับ 20.8512 $kgCO_2eq$ การเตรียมเชื้อเพลิงมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า 454.8181 $kgCO_2eq$ ดังนั้นตลอดช่วงของการขนส่งวัตถุดิบ/การเตรียมเชื้อเพลิง มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า 475.6693 $kgCO_2eq$

ตาราง 12 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงการจัดหาวัตถุดิบ/การประกอบชิ้นส่วน

สารเข้า	ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า	หน่วย
การจัดหาวัตถุดิบ	2186.9970	$kgCO_2eq$
การประกอบชิ้นส่วน	1827.9000	$kgCO_2eq$
รวมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า	4014.8970	$kgCO_2eq$

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในช่วงการจัดหาวัตถุดิบ มีค่าเท่ากับ 2,186.9970 $kgCO_2eq$ การประกอบชิ้นส่วนมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า 1,827.9000 $kgCO_2eq$ ดังนั้นตลอดช่วงของการจัดหาวัตถุดิบ/การประกอบชิ้นส่วนมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า 4,014.8970$kgCO_2eq$

ตาราง 13 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงการขนส่งเทคโนโลยีฯ

สารเข้า	ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า	หน่วย
การขนส่งรถกระบะบรรทุก	2.7430	$kgCO_2eq$
รวมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า	2.7430	$kgCO_2eq$

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในช่วงการขนส่งเทคโนโลยีฯมายังวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร มีค่าเท่ากับ 2.7430 $kgCO_2eq$

ตาราง 14 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงการใช้งาน

สารเข้า	ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า	หน่วย
ผ้าทอฝ้าย	27.3600	$kgCO_2eq$
น้ำประปา	0.0600	$kgCO_2eq$
รวมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า	27.4200	$kgCO_2eq$

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในช่วงการใช้งาน (มีการใช้ผ้าทอฝ้ายเป็นถุงกรองแก๊ส) มีค่าเท่ากับ 27.3600 $kgCO_2eq$ การใช้น้ำประปามีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า 0.0600 $kgCO_2eq$ ดังนั้นตลอดช่วงของการจัดหาวัตถุดิบ/การประกอบชิ้นส่วนมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า 27.4200 $kgCO_2eq$

ตาราง 15 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงการกำจัดซาก

สารเข้า	ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า	หน่วย
ขยะมูลฝอย	1.9500	$kgCO_2eq$
รวมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า	1.9500	$kgCO_2eq$

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในช่วงการกำจัดซาก มีค่าเท่ากับ 1.9500 $kgCO_2eq$

ตาราง 16 การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต

รายการ	รายละเอียด	ค่าใช้จ่าย (บาท)	D.F.	มูลค่าปัจจุบัน
ต้นทุนคงที่ (CC)				
	- เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น	400,000	1.0000	400,000
ต้นทุนในการดำเนินการ(CO)				
	- น้ำประปาในช่วงการผลิตไฟฟ้า 200 ลิตรๆละ 15 บาท	3,000 ต่อปี	0.1490	20,130.24
	- ถุงผ้าดิบในช่วงการผลิตไฟฟ้า 24 ถุงๆละ 40 บาท	960 ต่อปี		6,441.68
	- แรงงาน จำนวน 3 คนๆละ 300 บาท (8 ชม.)	297,000 ต่อปี		1,992,894.18
ต้นทุนในการซ่อมบำรุง (CM)				
	- ร้อยละ 5 ของต้นทุนเทคโนโลยีฯ	20,000 ต่อปี		134,201.63
ต้นทุนเชื้อเพลิงหรือพลังงาน (CF)				
	- น้ำมันดีเซลในช่วงการขนส่งวัตถุดิบ 10 ลิตรๆ ละ 31 บาท	310 ต่อปี		2,080.13
	- ไฟฟ้าในช่วงการเตรียมเชื้อเพลิง 746.46 kWh (3.9189 บาท/kWh) [21]	2,925.30 ต่อปี		19,629.00
มูลค่าซาก (S)				
	- ร้อยละ 10 ของต้นทุนเทคโนโลยีฯ	40,000	0.4632	18,527.74
	รวมต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต (บาท)			2,556,849.11
	รวมต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต (บาทต่อปี)			381,045.92
	ต้นทุนการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (บาท/ kgCO2eq)			84.25

รวมต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต 2,556,849.11 บาท หรือ 381,045.92 บาทต่อปี จากการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดวัฏจักรชีวิต 4,522.6793 $kgCO_2eq$ จะสามารถคิดเป็นต้นทุนการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 84.25 บาท/ kgCO2eq

ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ (Net CO_2 emission)

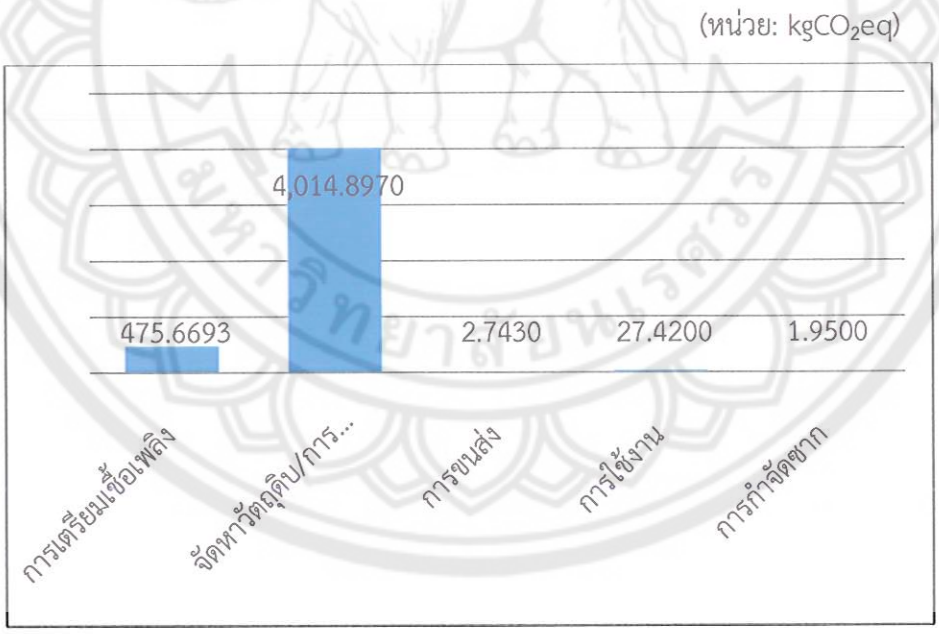
ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นขนาด 10 kW มีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ 4,522.6793 $kgCO_2eq$ ต่อปี

ส่วนการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นขนาด 10 kW โดยกำหนดให้ระยะเวลาการทำงานเป็น 24 ชั่วโมงต่อวัน 330 วันต่อปี จะมีปริมาณการผลิตไฟฟ้าต่อปีของโรงไฟฟ้าชีวมวลด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น เท่ากับ 79,200 kWh การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าประจำปี 2553 [23] โดยใช้วิธีการคำนวณตาม Methodological Tool (Version 02.2.1) "Tool to calculate the emission factor for an electricity system" ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 0.5113 $kgCO_2/kWh$ ดังนั้น ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 40,494.96 $kgCO_2$ ต่อปี คิดเป็น ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ (Net CO_2 emission) เท่ากับ -35,972.2807 $kgCO_2$ ต่อปี

บทที่ 5

วิจารณ์และสรุปผลการศึกษา

สรุปผลการศึกษาการประเมินการได้มาของเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) แบบอากาศไหลลง (Down draft) ซึ่งประกอบด้วยเตาแก๊สซิไฟเออร์ (Gasifier) การทำความสะอาดแก๊ส (Gas Cleaning) และเครื่องยนต์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Engine + Generator) โดยคำนวณสารเข้า และสารออก ซึ่งเป็นขอบเขตการศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์ของการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลตลอดวัฏจักรชีวิต ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ จนถึงการผลิตไฟฟ้า และการกำจัดซาก แสดงดังภาพที่ 10 พบว่า ช่วงการจัดหาวัตถุดิบและประกอบชิ้นส่วนมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด คือ 4,014.8970 คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$) หรือคิดเป็นร้อยละ 88.77 โดยขั้นตอนการเตรียมเชื้อเพลิง การใช้งาน การขนส่ง และการกำจัดซาก มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 475.6693 $kgCO_2eq$, 27.42 $kgCO_2eq$, 2.74 $kgCO_2eq$ และ 1.95 $kgCO_2eq$ ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 10.52, 0.61, 0.06 และ 0.04 ตามลำดับ



ภาพ 10 การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าตลอดวัฏจักรชีวิตของระบบฯ

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นขนาด 10 kW มีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ 4,522.6793 $kgCO_2eq$ หรือ 0.0571 $kgCO_2eq/kWh$ หรือ ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ (Net CO_2 emission) เท่ากับ -35,972.2807 $kgCO_2$ ต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าประจำปี 2553 [23] โดยใช้วิธีการคำนวณตาม Methodological Tool (Version 02.2.1) "Tool to calculate the emission factor for an electricity system" ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 0.5113 $kgCO_2/kWh$ ส่วนค่าEmission Factor ตามประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม [24] พบว่า ระบบไฟฟ้ามีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.6093$kgCO_2/kWh$ รวมต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต 2,556,849.11 บาท หรือ 381,045.92 บาทต่อปีและคิดเป็นต้นทุนการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 84.25 บาท/ $kgCO_2eq$ อย่างไรก็ตามระบบแก๊สซิฟิเคชั่นในปัจจุบันมีการใช้เชื้อเพลิงจากการปลูกพืชพลังงาน เช่น หญ้าเนเปียร์ กระถินยักษ์ ซึ่งในการวิจัยนี้ยังไม่ได้คำนวณเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าซึ่งตามทฤษฎีจะตัดออก (Cut 0ff) แต่หากเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลที่ปลูกเพื่อเป็นพลังงานจะต้องนำมาคำนวณด้วย และยังไม่ได้รวมสารขาออก เช่น ผลกระทบทางอากาศ น้ำเสีย เศษขี้เถ้า นอกจากนี้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นที่ใช้ในการศึกษาอาจเป็นเทคโนโลยีเฉพาะทางและศึกษาเพียงสารที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนไม่ได้รวมผลกระทบด้านอื่นๆ ซึ่งผู้วิจัยจะมีการศึกษาในโครงการวิจัยต่อไป

ภาคผนวก

ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor)

ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) รวบรวมจากข้อมูลทุติยภูมิ สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ kg CO_2eq/หน่วย	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
1. พลังงาน (เผาไหม้อยู่กับที่)						
1	ก๊าซธรรมชาติ	File: LCI data source	MJ	0.0099	Ecoinvent 2.0	Update_19March13
2	ก๊าซธรรมชาติ		Scf	0.0670	IPCC	Update_19March13
3	ก๊าซหุงต้ม (LPG)		MJ	0.0612	Frankin US 98	Update_19March13
4	ก๊าซหุงต้ม (LPG)		L	1.6812	IPCC	Update_19March13
5	ก๊าซหุงต้ม (LPG)	Conversion from litter to kilogram	kg	3.1100	IPCC	Update_19March13
6	ถ่านหิน (coking coal)	IPCC2007	kg	2.6268	IPCC	Update_19March13
7	ถ่านหินลิกไนต์ (Lignite)		kg	1.0624	IPCC	Update_19March13
8	ถ่านหินบิทูมินัสอื่นๆ		kg	2.5070	IPCC	Update_19March13
9	ดีเซล	use calorific value from DEDE	L	2.7080	IPCC 2007, DEDE	Update_19March13
10	น้ำมันเตา	File: LCI data source	Kg	0.6200	LCA DK	Update_19March13
11	น้ำมันเตา		MJ	0.0926	EcoInvent 2.0	Update_19March13

ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) รวบรวมจากข้อมูลทุติยภูมิ สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ kg CO_2eq/หน่วย	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
12	น้ำมันเตา		L	3.0883	IPCC	Update_19March13
13	น้ำมันก๊าซ (Kerosene)		L	2.4777	IPCC	Update_19March13
14	สารชีวมวล (Biomass)		kg	0.6930	IPCC	Update_19March13
2. พลังงานที่มีการเคลื่อนที่						
15	ดีเซล		L	2.7446	IPCC	Update_19March13
16	ก๊าซธรรมชาติ (CNG)		kg	2.2472	IPCC	Update_19March13
17	ก๊าซหุงต้ม (LPG)		L	1.5362	IPCC	Update_19March13
18	ก๊าซหุงต้ม (LPG)		Kg	2.8400	IPCC	Update_19March13
19	เบนซิน	use calorific value from DEDE	L	2.1896	IPCC	Update_19March13
20	ก๊าซโซฮอล์ (Gasohol)		L	ให้ใช้ค่าแฟคเตอร์ของเบนซินในการคำนวณ		Update_19March13
21	ไบโอดีเซล	US Conversion Factor	L	2.6265	U.S. Energy Information Administration	Update_19March13

ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) รวบรวมจากข้อมูลทุติยภูมิ สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ kg CO_2eq/หน่วย	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
3.การใช้ไฟฟ้า						
22	Electricity, grid mix CM (ไฟฟ้า)	CDM project type General project	kWh	0.5812	The Study of emission factor for an electricity system in Thailand 2009	Update_19March13
4.ก๊าซอุตสาหกรรม						
23	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (น้ำอัดลม)		kg	0.2600	SimaPro	-
24	CO_2		kg	0.1605	Thai LCI data	-
25	ก๊าซแอมโมเนีย (ระบบหล่อเย็น)		kg	0.3000	SimaPro	-
26	Hydrogen		kg	0.1355	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid	-

ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) รวบรวมจากข้อมูลทุติยภูมิ สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ kg CO_2eq/หน่วย	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
27	Nitrogen		kg	0.1705	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid	-
28	Oxygen		kg	0.4206	Converted data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid	-
5. กลุ่มการขนส่งโดยรถบรรทุก (Truck Transportations) และขนส่งประเภทอื่นๆ (Others)						
29	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตันวิ่งแบบปกติ 0% Loading		km	0.3111	Thai national database	Update_19March13
30	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7ตันวิ่งแบบปกติ 50%Loading		tkm	0.2681	Thai national database	Update_19March13
31	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตันวิ่งแบบปกติ 75% Loading		tkm	0.1829	Thai national database	Update_19March13

ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) รวบรวมจากข้อมูลทุติยภูมิ สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ kg CO_2eq/หน่วย	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
32	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตันวิ่งแบบปกติ 100%Loading		tkm	0.1402	Thai national database	Update_19March13
33	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0%Loading		km	0.3726	Thai national database	Update_19March13
34	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50%Loading		tkm	0.3145	Thai national database	Update_19March13
35	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75%Loading		tkm	0.2126	Thai national database	Update_19March13
36	รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100%Loading		tkm	0.1616	Thai national database	Update_19March13

ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) รวบรวมจากข้อมูลทุติยภูมิ สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ kg CO_2eq/หน่วย	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
37	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading		km	0.4246	Thai national database	Update_19March13
38	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตันวิ่งปกติ 50% Loading		tkm	0.1240	Thai national database	Update_19March13
39	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตันวิ่งปกติ 75% Loading		tkm	0.0870	Thai national database	Update_19March13
40	ถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading		tkm	0.0674	Thai national database	Update_19March13
41	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading		km	0.5101	Thai national database	Update_19March13

ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) รวบรวมจากข้อมูลทุติยภูมิ สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ kg CO_2eq/หน่วย	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
42	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading		tkm	0.1435	Thai national database	Update_19March13
43	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading		tkm	0.0985	Thai national database	Update_19March13
44	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading		tkm	0.0745	Thai national database	Update_19March13
45	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading		km	0.4892	Thai national database	Update_19March13
46	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading		tkm	0.1076	Thai national database	Update_19March13

ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) รวบรวมจากข้อมูลทุติยภูมิ สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ kg CO_2eq/หน่วย	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
47	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน วิ่งปกติ 75% Loading		tkm	0.0764	Thai national database	Update_19March13
48	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน วิ่งปกติ 100% Loading		tkm	0.0610	Thai national database	Update_19March13
49	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading		km	0.6044	Thai national database	Update_19March13
50	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading		tkm	0.1338	Thai national database	Update_19March13
53	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading		km	0.5863	Thai national database	Update_19March13

ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) รวบรวมจากข้อมูลทุติยภูมิ สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ kg CO_2eq/หน่วย	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
52	รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดใหญ่ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 11 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading		tkm	0.0730	Thai national database	Update_19March13
53	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อน้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading		km	0.5863	Thai national database	Update_19March13
54	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading		tkm	0.0966	Thai national database	Update_19March13
55	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ 75% Loading		tkm	0.0687	Thai national database	Update_19March13
56	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งปกติ100% Loading		tkm	0.0530	Thai national database	Update_19March13

ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) รวบรวมจากข้อมูลทุติยภูมิ สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ kg CO_2eq/หน่วย	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	วันที่อัพเดท
57	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading		km	0.7466	Thai national database	Update_19March13
58	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 50% Loading		tkm	0.1194	Thai national database	Update_19March13
59	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 75% Loading		tkm	0.0835	Thai national database	Update_19March13
60	รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 16 ตัน วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading		tkm	0.0635	Thai national database	Update_19March13

ERDI
Energy Research and Development Institute,
Chiang Mai University
สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน (สวพ) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Energy Research and Development Institute, Chiang Mai University

วันที่ 24 ตุลาคม 2555

ใบรายงานผลการทดสอบ

ชื่อและที่อยู่ผู้รับบริการ ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิค
424 หมู่2 ถ.พหลโยธิน ต.ศาลา อ.เกาะคา จ.ลำปาง

รายละเอียดตัวอย่าง ตัวอย่างแก๊ส

ลักษณะและสภาพตัวอย่าง เก็บตัวอย่างวันที่ 9 ตุลาคม 2555 เวลา 8.00-17.00 น. ตัวอย่างบรรจุในถุงเก็บแก๊ส สภาพตัวอย่างปกติ

วันที่รับตัวอย่าง 9 ตุลาคม 2555 (2013/01)

วันที่ทดสอบ 24 ตุลาคม 2555

เลขที่รายงาน ERDI 56 / Lab 09 หน้า 1/1

ผลการทดสอบ

รายละเอียดตัวอย่าง	รายการทดสอบ							
	ผลการทดสอบ (หน่วย)							
	CH_4 (%)	CO (%)	CO_2 (%)	O_2 (%)	N_2 (%)	H_2S (%)	H_2 (%)	อื่น (%)
จุดที่1:แก๊สจากเตาแก๊สซิไฟเออร์	2.01	9.03	8.81	17.43	59.13	-	3.52	0.07
จุดที่2:แก๊สจากปล่องเตาเซรามิค	-	-	1.08	29.12	69.80	-	-	-

*หมายเหตุ (วิธีทดสอบและเทคนิคที่ใช้)

1. Gas Chromatography; In house method base on Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, AWWA & WEF, 22nd ed., 2012 and American Society for Testing and Materials, ASTM D 1945 – 96, D5504
2. GC – TCD
3. อื่นๆ – Hydro Carbon อื่นๆ

รายงานผลการทดสอบโดย

สุวพิชฎ์

(สุวพิชฎ์ เต็มศิริมงคล)
หัวหน้างานตรวจวิเคราะห์

อนุมัติผลโดย

(รองศาสตราจารย์ประเสริฐ ฤกษ์เกรียงไกร)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รายงานฉบับนี้มีผลเฉพาะตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น รายงานผลการทดสอบต้องไม่ถูกทำสำเนาเฉพาะที่ส่วนบางส่วน โดยไม่ได้รับการอนุมัติเป็นลายลักษณ์อักษรจากสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
239 ถ.ห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200
Energy Research and Development Institute, Chiang Mai University
239 Huay Kaew Rd., Suthep, Muang, Chiang Mai 50200, Thailand.
Tel: 053-948195-8, 053-942007-9 Fax: 053-903760, 053-903763 www.erdi.or.th

ธนาคารกรุงไทย
KRUNGTHAI BANK

ตารางที่ 2 อัตราดอกเบี้ยเงินให้สินเชื่อ [1/]

เริ่มใช้ตั้งแต่วันที่ 28 มิถุนายน 2556

หน่วย : ร้อยละต่อปี

ก. อัตราดอกเบี้ยอ้างอิง

1. อัตราดอกเบี้ยลูกค้ารายใหญ่ชั้นดี ประเภทเงินกู้แบบมีระยะเวลา (Minimum Loan Rate)	MLR	7.000
2. อัตราดอกเบี้ยลูกค้ารายใหญ่ชั้นดี ประเภทเงินเบิกเกินบัญชี (Minimum Overdraft Rate)	MOR	7.375
3. อัตราดอกเบี้ยลูกค้ารายย่อยชั้นดี (Minimum Retail Rate)	MRR	8.000
4. อื่น ๆ		
4.1 ส่วนต่างสูงสุดที่จะใช้บวกกับอัตรา MRR		10.00
4.2 อัตราดอกเบี้ยและส่วนลด กรณีโอนสิทธิเรียกร้องในเงินฝากหรือกรณีจำนำสิทธิที่จะถอนเงินฝากมาเป็นประกันเต็มวงเงินสินเชื่อ		อัตราดอกเบี้ยเงินฝากที่โอนสิทธิฯ หรือจำนำสิทธิฯ บวกส่วนต่างร้อยละ 2.00 ต่อปี

หน่วย : ร้อยละต่อปี

ข. อัตราดอกเบี้ยสูงสุด

ข.(1) เงินให้สินเชื่อเพื่อการอุปโภคบริโภค (Consumer loan)	สินเชื่อส่วนบุคคล				สินเชื่อที่อยู่อาศัย	สินเชื่อเพื่อพัฒนาและส่งเสริมคุณภาพการศึกษา	.....
	มีหลักประกัน	ไม่มีหลักประกัน (ส่วนที่ไม่ได้อยู่ภายใต้การกำกับ)	โครงการลดภาระดอกเบี้ยสินเชื่อส่วนบุคคลของผู้ประกอบการกลุ่ม Non-Bank	สินเชื่อโครงการเงินกู้อเนกประสงค์เพื่อเป็นสวัสดิการพนักงานหน่วยงานเอกชน			
5. อัตราดอกเบี้ยสูงสุดกรณีปกติ	MRR+7.00 (15.00)	MRR+7.00 (15.00)	MRR+6.375 (14.375)	MRR+10.00 (18.00)	MRR+6.50 (14.50)	MRR+3.00 (11.00)	
6. อัตราดอกเบี้ยสูงสุดกรณีผิดนัดชำระหนี้	18.00	18.00	20.00	MRR+12.00 (20.00)	18.00	18.00	
ข.(2) เงินให้สินเชื่อเพื่อการประกอบธุรกิจ (Commercial loan)	วงเงินเบิกเกินบัญชี	Revolving	ระยะสั้น (≤ 1 ปี)	ระยะยาว (> 1 ปี)	สินเชื่อธนาคารชุมชนและสินเชื่อแปลงสินทรัพย์เป็นทุน	สินเชื่อ KTB Micro Bank	.....
7. อัตราดอกเบี้ยสูงสุดกรณีปกติ	MRR+4.00 (12.00)	MRR+4.00 (12.00)	MRR+4.00 (12.00)	MRR+4.00 (12.00)	MRR+6.25 (14.25)	MRR+9.40 (17.40)	
8. อัตราดอกเบี้ยสูงสุดกรณีผิดนัดชำระหนี้	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00	20.00	

หมายเหตุ

1/ ไม่รวมถึงเงินให้สินเชื่อประเภทที่ ธปท. กำหนดหลักเกณฑ์ไว้เฉพาะ

ผู้มีอำนาจลงนาม

ชัยณรงค์ เอื้อสิทธิชัย

(นายชัยณรงค์ เอื้อสิทธิชัย)

ผู้ช่วยกรรมการผู้จัดการใหญ่ ผู้บริหารกลุ่ม

กลุ่มกลยุทธ์เครือข่ายและผลิตภัณฑ์รายย่อย

ลงนามแทนรองกรรมการผู้จัดการใหญ่ ผู้บริหารสายงาน

สายงานธุรกิจรายย่อยและเครือข่าย

ประกาศ ณ วันที่ 27 มิถุนายน 2556

แบบการรายงานตัวชี้วัด

กรณีนำเสนอในการประชุมหรือสัมมนาระดับชาติและนานาชาติ

ลำดับที่	ชื่อนักวิจัยและชื่อผลงาน	เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเรื่อง	ปีงบประมาณที่ได้รับการสนับสนุน	แหล่งทุน	อยู่ในฐานข้อมูล (Scopus/ISI/SJR/TCI)	ตีพิมพ์เป็น Proceedings		ตีพิมพ์เป็นบทคัดย่อ	
						Oral (เรื่อง)	Poster (เรื่อง)	Oral (เรื่อง)	Poster (เรื่อง)
1	ประพิธาร์ ธนารักษ์และวิกานต์ วันสูงเนิน **“การประเมินทางด้านสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน”**	การประเมินวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน (ระยะที่ 1)	2556	งบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร	-	√			

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สำนักงานอธิการบดี กองบริหารการวิจัย งานการจัดการผลผลิตการวิจัย โทร.๘๖๔๑
ที่ ศธ ๐๕๒๗.๐๑.๓๓(๔)/ว๑๒๖๔ **วันที่** ๑๘ เมษายน ๒๕๕๖
เรื่อง ตอบรับการนำเสนอผลงานทางวิชาการและการตีพิมพ์ผลงาน การประชุมทางวิชาการนเรศวรวิจัย ครั้งที่ ๙

เรียน ดร.ประพิธาริ์ ธนารักษ์

ตามที่ท่านสมัครเข้าร่วมนำเสนอผลงาน ในการประชุมทางวิชาการ "นเรศวรวิจัย" ครั้งที่ ๙ "ความรู้สู่เชิงพาณิชย์ นำเศรษฐกิจไทยก้าวไกลอาเซียน" ในระหว่างวันอาทิตย์ที่ ๒๘ – วันจันทร์ที่ ๒๙ กรกฎาคม ๒๕๕๖ ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติ ๗๒ พรรษาฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก โดยส่งผลงาน งานวิจัย เรื่องการประเมินทางด้านสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน เข้าร่วมนำเสนอประเภท Oral Presentation

ในการนี้ คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิได้พิจารณาผลงานของท่านเป็นที่เรียบร้อยแล้ว และขอแจ้งให้**ท่านทราบว่าผลงานวิจัยของท่านได้รับการคัดเลือกให้นำเสนอผลงานและตีพิมพ์ลงใน Proceedings การประชุมทางวิชาการ "นเรศวรวิจัย" ครั้งที่ ๙**

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ ทั้งนี้ ท่านสามารถตรวจสอบกำหนดการนำเสนอและรายละเอียดการเตรียมข้อมูลการนำเสนอได้ทางเว็บไซต์ http://dra.research.nu.ac.th/nurc9/

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ)
รองอธิการบดีฝ่ายวิจัย

แบบแสดงข้อมูลการเข้าร่วมการประชุมทางวิชาการ
"นเรศวรวิจัย" ครั้งที่ 9: "ความรู้สู่เชิงพาณิชย์ นำเศรษฐกิจไทยก้าวไกลอาเซียน"
วันที่ 28 - 29 กรกฎาคม 2556 ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

****

คำชี้แจง ขอให้ท่านตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในส่วนที่ 1-3 หากไม่ถูกต้องหรือต้องการแก้ไข ขอให้ติดต่อกลับมาที่กองบริหารการวิจัย ภายในวันที่ 30 มิถุนายน 2556

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน

ชื่อ-สกุล	ดร.ประพิธาริ์ ธนารักษ์
สังกัดหน่วยงาน	มหาวิทยาลัยนเรศวร
โทรศัพท์(มือถือ)	0869347556
E-mail	prapitat@nu.ac.th

ส่วนที่ 2 การเข้าร่วมงานเลี้ยง (28 ก.ค. 56 เวลา 17.30 น.)

ไม่เข้าร่วม

ส่วนที่ 3 นำเสนอผลงาน

ประเภทผลงาน	งานวิจัย
ประเภทการนำเสนอ	Oral
ชื่อเรื่อง	การประเมินทางด้านสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน
กลุ่มสาขา	กลุ่มวิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัย
การตีพิมพ์	Proceedings
ภาค	ภาคภาษาไทย

รายละเอียดอื่น ๆ

การชำระเงิน	การนำเสนอผลงาน Oral	การนำเสนอผลงาน Poster
ชำระเงินในอัตราปกติ นักวิจัย 2,000 บาท นิสิต/นักศึกษา 1,000 บาท ได้ตั้งแต่วันนี้ ถึงวันที่ 30 มิถุนายน 2556 *หากไม่ชำระเงินภายในวันที่กำหนดจะถูกตัดสิทธิ์การตีพิมพ์ลง Proceeding* *รายละเอียดการชำระค่าลงทะเบียน* ชื่อบัญชี : Naresuan Research Conference หมายเลขบัญชี : 346-1-55713-5 ประเภทบัญชี : ออมทรัพย์ ธนาคาร : กรุงศรีอยุธยา สาขา : มหาวิทยาลัยนเรศวร * นักวิจัยภายในสามารถมาชำระที่กองบริหารการวิจัยได้	- ระยะเวลาในการนำเสนอเรื่องละ 15 นาที นำเสนอ 10 นาที ซักถาม 5 นาที	- ติดตั้ง Poster ได้ตั้งแต่วันที่ 28 ก.ค. 56 เวลา 8.00 – 12.00 น. - Present วันที่ 29 ก.ค. 56 เวลา 10.30 -12.30 น. - จัดเก็บ Poster วันที่ 29 กรกฎาคม 2556 เวลา 15.00 น. เป็นต้นไป * ขนาดของ Board สำหรับติดตั้ง Poster สูง 200 * กว้าง 80 CM ** สามารถ Download Template Poster ได้ที่เว็บไซต์ http://dra.research.nu.ac.th/nurc9/

กองบริหารการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000
โทรศัพท์ 0 55 968 8641 Fax 055 968636 :email : nuresearch9@gmail.com เว็บไซต์ : http://dra.research.nu.ac.th/nurc9/

การประเมินทางด้านสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน

ประพิธาริ์ ธนารักษ์, วิกานต์ วันสูงเนิน

Environmental Assessment of Biomass Community Base Power Plant

Prapita Thanarak*, Wikarn Wansungnern

วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

School of Renewable Energy Technology (SERT) Naresuan University Muang Phitsanulok 65000

*Corresponding author. E-mail: prapitat@nu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประเมินทางด้านสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนโดยเลือกศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) แบบอากาศไหลลง ขนาด 10 กิโลวัตต์ โดยใช้แนวทางการประเมินวัฏจักรชีวิตการได้มาของเทคโนโลยีฯ ประกอบด้วยเตาแก๊สซิไฟเออร์ การทำความสะอาดแก๊ส เครื่องยนต์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า พบว่า ช่วงการจัดหาวัตถุดิบและประกอบชิ้นส่วนมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด คือ 4,014.90 คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$) หรือคิดเป็นร้อยละ 99.21 โดยขั้นตอนการใช้งาน การขนส่ง และการกำจัดซาก มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 27.42 $kgCO_2eq$, 2.74 $kgCO_2eq$ และ 1.95 $kgCO_2eq$ ตามลำดับ มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้า 0.0511 คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ($kgCO_2eq/kWh$) ดังนั้น หากสามารถลดการใช้ไฟฟ้าหรือเปลี่ยนชนิดของเชื้อเพลิงหรือเปลี่ยนวัสดุในขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนจะสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ ชุมชนหรือผู้ประกอบการนำมาพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิต สู่ความยั่งยืนของพลังงานและสิ่งแวดล้อมให้กับประเทศต่อไป

คำสำคัญ : การประเมินวัฏจักรชีวิต สิ่งแวดล้อม โรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน แก๊สซิฟิเคชั่น

Abstract

This paper presents an environmental assessment of biomass community base power plant by apply the life cycle assessment as an environment impact of electricity generation from 10 kW down draft gasification technology. The global warming is studied and presented in CO_2 equivalent. The technology consists of gasfier, gas cleaning, engine and generator. The result presents that material procurement and assembling process has highest CO_2 emission about 4,014.90 $kgCO_2eq$, while the use, transportation and recycle disposal are 27.42 $kgCO_2eq$, 2.74 $kgCO_2eq$ and 1.95 $kgCO_2eq$, respectively. An electricity emission is 0.0511 $kgCO_2eq/kWh$. Hence, less electricity consumption or use different fuel or material in material procurement and assembling process, cause less CO_2 emission. Then the community or entrepreneur can improve their technology production process in order to have sustainable energy and environment for our country.

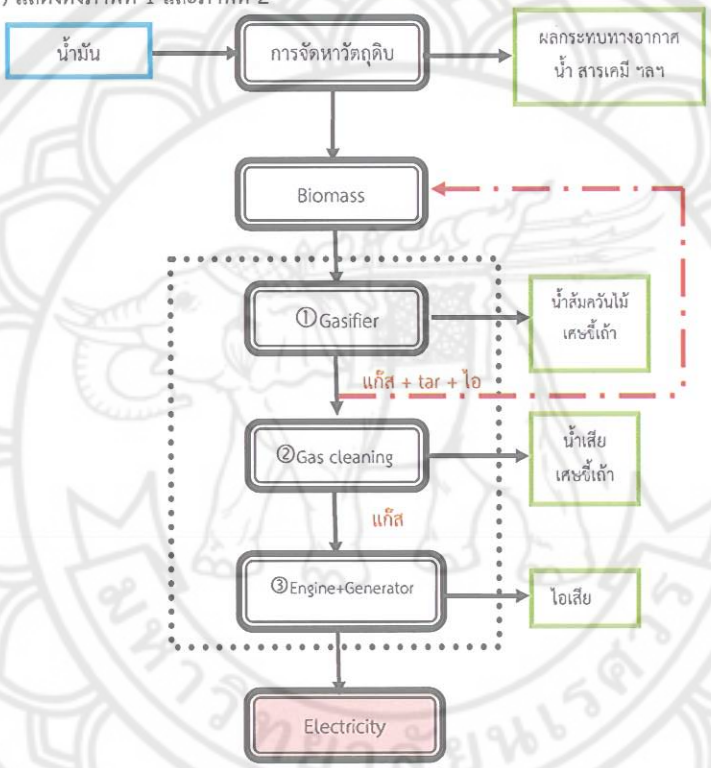
Keywords : Life cycle assessment, Environment, Community based Biomass Power Plant, Gasification

บทนำ

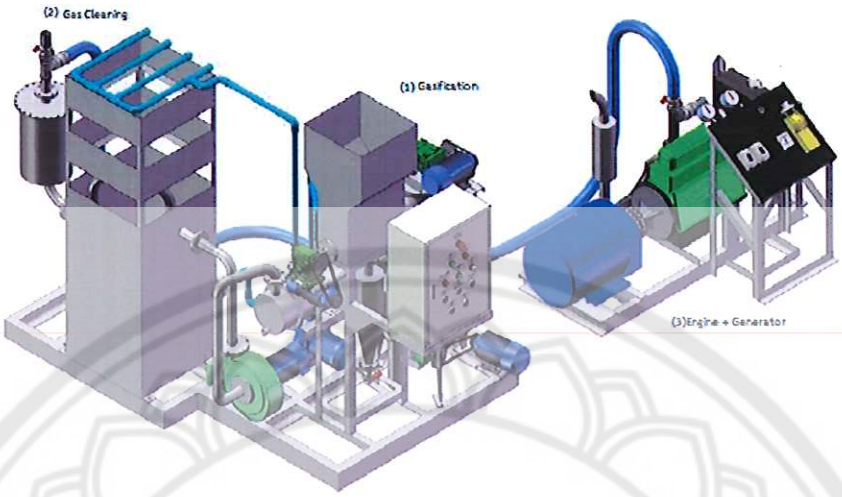
ปัจจุบันการดำรงชีวิตของมนุษย์ จำเป็นต้องพึ่งพาพลังงานในการผลิตสินค้าสำหรับอุปโภคและบริโภค การคมนาคมขนส่ง การประกอบธุรกิจ การทำการเกษตรต่างๆ ฯลฯ พลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นพลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuels) ซึ่งนอกจากจะมีอยู่จำกัดแล้ว การเปลี่ยนรูปเชื้อเพลิงให้เป็นพลังงานเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ ยังก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ของโลก และยังส่งผลกระทบอื่นๆ อีก เช่น ไฟไหม้ป่า น้ำท่วม ภัยแล้ง เป็นต้น อย่างไรก็ตาม พลังงานมีความจำเป็นต่อการพัฒนาด้านเศรษฐกิจและความสะดวกสบายในการดำรงชีพ ดังนั้นการแสวงหาเชื้อเพลิงใหม่เพื่อทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล โดยไม่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง ไฟฟ้าเป็นพลังงานที่มีความสำคัญ เป็นส่วนหนึ่งของการดำรงชีวิตและการพัฒนาประเทศ ปัจจุบันนี้ประเทศไทยมีการผลิตไฟฟ้าส่วนใหญ่มาจากก๊าซธรรมชาติ ซึ่งมีขีดจำกัดในการผลิต และไม่เพียงพอต่อการใช้งาน มีปริมาณการใช้พลังงานที่สูงกว่า 100,000 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบต่อปี ซึ่งเมื่อเทียบกับพลังงานที่ผลิตได้ต่อปีไม่เกิน 80,000 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ จะเห็นได้ว่า การใช้พลังงานของประเทศมีมากกว่าพลังงานที่ผลิตได้ ดังนั้น การหาแหล่งพลังงานหรือเทคโนโลยี เพื่อเพิ่มผลการผลิตหรือ ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอต่อการใช้งานเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมาก กระทรวงพลังงานได้กำหนดแผนพัฒนาพลังงานทดแทน (Alternative Energy Development Plan: AEDP) โดยมีเป้าหมายการใช้พลังงานทดแทน 25% ของการใช้พลังงานทั้งหมดภายในปี 2564 และมีสัดส่วนของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน 10% จากรายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย 2554 [1] พบว่ากำลังผลิตติดตั้งไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนมีปริมาณรวม 2,157 เมกะวัตต์ เพิ่มขึ้นจากปีก่อน ร้อยละ 14.7 โดยพบว่า มีกำลังการผลิตติดตั้งไฟฟ้าจากชีวมวลมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 82.6 รองลงมา ได้แก่ ก๊าซชีวภาพ พลังน้ำขนาดเล็ก พลังงานแสงอาทิตย์ ขยะ และพลังงานลม คิดเป็นร้อยละ 7.3, 4.4, 4.2, 1.2 และ 0.3 ตามลำดับ การผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาทดแทน หรือ เพิ่มศักยภาพการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยได้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม การใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยนั้นยังมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด [2] ด้วยเหตุนี้ทำให้เกิดแนวคิดในการวิจัยเรื่องการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล เพื่อให้ทราบปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซเรือนกระจก ในช่วงขั้นตอนก่อนการ ใช้งาน การผลิต การกำจัดซากหรือตลอดวัฏจักรของการผลิตไฟฟ้า แม้ว่าการนำชีวมวลที่เหลือทิ้งทางการเกษตรมาผลิตไฟฟ้านั้น ทำให้ลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะมลพิษทางอากาศได้ส่วนหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตาม กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลนั้น มีขั้นตอนต่างๆ มากมาย ซึ่งโดยภาพรวมนั้นอาจจะลดปัญหาด้านมลพิษทางอากาศ เนื่องจากลดการเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรลง แต่ขั้นตอนระหว่างการกระบวนการผลิตไฟฟ้านั้นอาจก่อให้เกิดมลพิษในด้านอื่น เช่น มลพิษทางน้ำ หรือแม้แต่มลพิษทางอากาศที่ยังไม่สามารถชี้วัดได้ ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์และประเมิน วัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล เพื่อนำมาพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิต สู่ความยั่งยืนของพลังงานและสิ่งแวดล้อมให้กับประเทศต่อไป โดยบทความนี้จะนำเสนอเพียงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลด้วยระบบแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) ด้วยศักยภาพที่ทำให้เกิดโลกร้อน (Global warming)

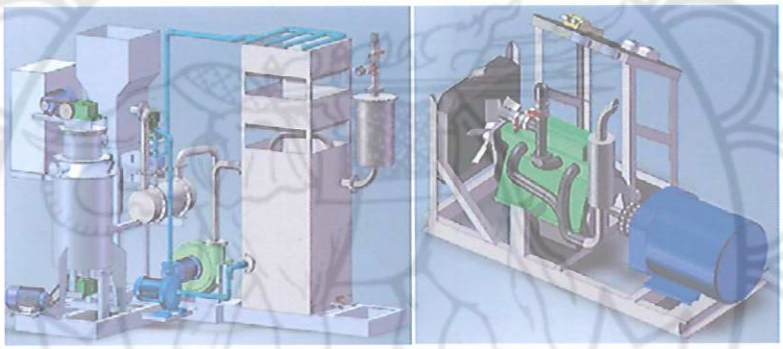
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่ง การแจกจ่าย การใช้งาน การใช้ใหม่/แปรรูป และการจัดการซากของผลิตภัณฑ์หลังจากการใช้งาน ซึ่งบทความนี้จะนำเสนอเพียงการประเมินการได้มาของเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) แบบอากาศไหลลง (Down draft) ซึ่งประกอบด้วย เตาแก๊สซิไฟเออร์ (Gasifier) การทำความสะอาดแก๊ส (Gas Cleaning) และเครื่องยนต์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Engine + Generator) แสดงดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2



ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวความคิด และขอบเขตการวิจัย LCA ของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน

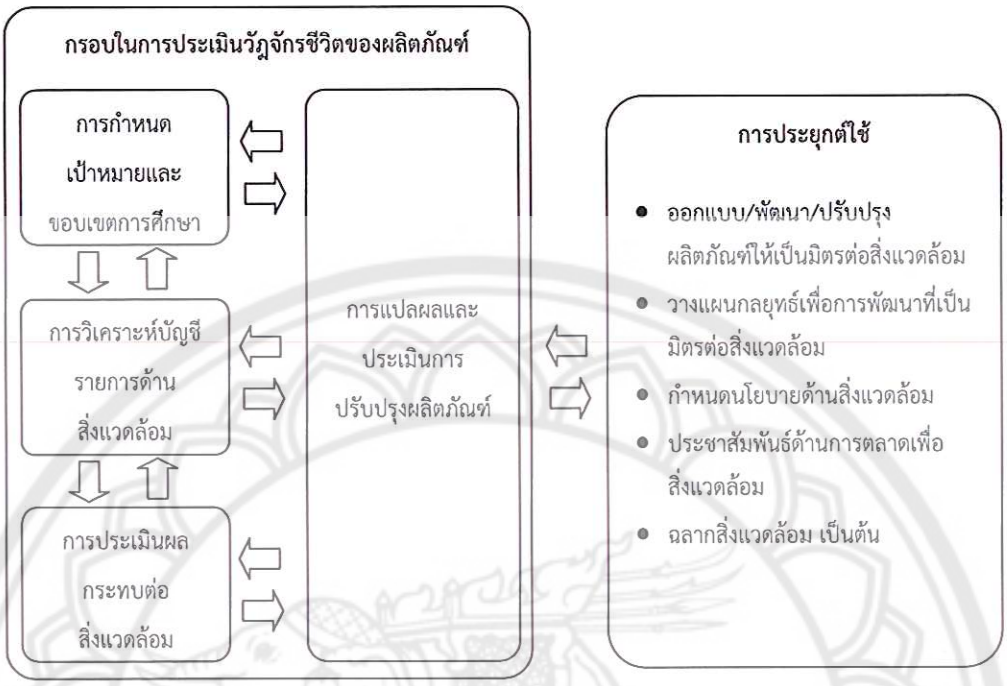




ภาพที่ 2 เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น ขนาด 10 kW

โดยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน ซึ่งดำเนินการตามมาตรฐาน ISO 14040 ได้แก่ (1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope Definition) (2) การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory Analysis: LCI) (3) การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment: LCIA) และ (4) การแปลผลการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Interpretation) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันดังภาพที่ 3

การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment: LCIA) เป็นการนำข้อมูลมาทำการแปลงแยกแยะตามชนิดของผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม จากขั้นตอนในการทำบัญชีรายการ (Inventory) เราจะทราบข้อมูลของการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตภัณฑ์ทั้งหมด การแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมบางอย่างเป็นสิ่งสำคัญแต่บางอย่างไม่ใช่ เพื่อให้ LCA สามารถช่วยในการตัดสินใจ ข้อมูลในขั้นตอนการทำบัญชีรายการต้องได้รับการตีความก่อน ซึ่งการ**ตีความต้องอยู่บนพื้นฐานของความรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมแหล่งทรัพยากร และสิ่งแวดล้อมของสภาพการทำงาน และต้องแสดงให้เห็นว่าการแลกเปลี่ยนทางสิ่งแวดล้อมใดที่สำคัญ**

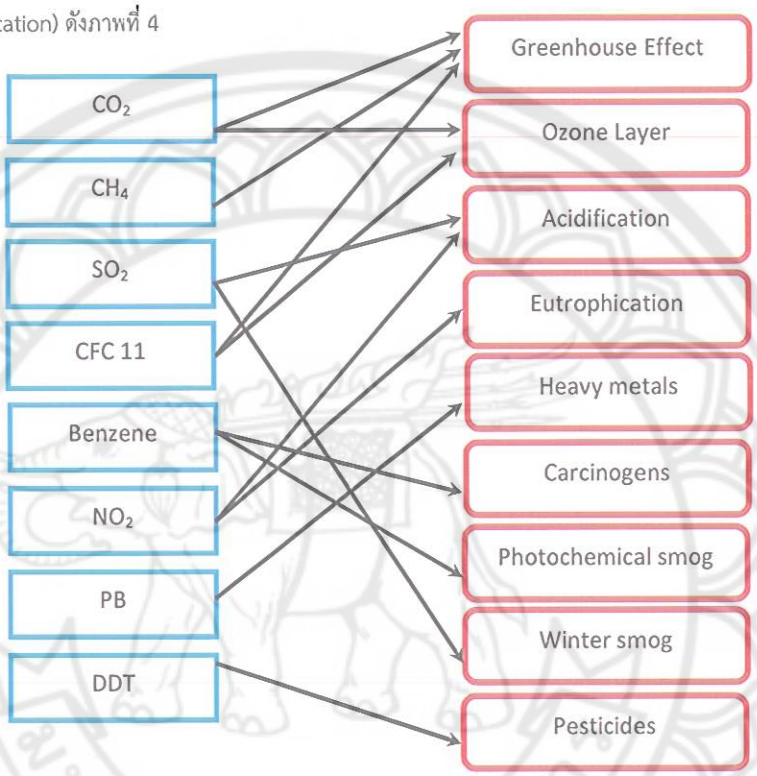


ภาพที่ 3 กรอบการดำเนินงาน LCA ตามขั้นตอนมาตรฐาน ISO 14040 [3]

1) การคัดเลือกกลุ่มผลกระทบ (Impact Categories) เป็นการจำแนกว่าระบบผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านใดบ้าง และเกิดขึ้นในกระบวนการใด โดยการนำเอาข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์บัญชีรายการมาใช้วิเคราะห์และจำแนกผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของสารขาเข้าและสารขาออกทั้งหมดอย่างเป็นหมวดหมู่ สำหรับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่สำคัญและนิยมนำมาใช้ในการจำแนกเพื่อประเมินผลกระทบได้แก่

- การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change)
- การทำให้โลกร้อน (Global Warming)
- การทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ (Ozone Depletion)
- การสิ้นเปลืองทรัพยากร (Resource Depletion)
- การออกซิเดชันที่เกิดจากปฏิกิริยาแสง-เคมี (Photochemical Oxidation)
- การก่อให้เกิดความเป็นกรดในดินและแหล่งน้ำ (Acidification)
- การก่อให้เกิดสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ
- **การก่อให้เกิดความเป็นพิษในมหาสมุทร (Aquatic Ecotoxicicity)**
- **ภาวะการเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหารในแหล่งน้ำ (Nutrification)**

2) การจำแนกประเภทและการกำหนดบทบาท (Classification and characterization) การจำแนกประเภท คือขั้นตอนการจำแนกกลุ่มของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม จากข้อมูลที่ได้ในการจัดทำบัญชีรายการหรือ LCI โดยจะดูถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลกับผลกระทบที่เกิดขึ้นยกตัวอย่างเช่น NO_2 ที่เกิดขึ้นในช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้นสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งในด้าน การเกิดฝนกรด (Acidification) และ การเจริญเติบโตที่มากเกินไปของพืชชั้นต่ำในแหล่งน้ำ (Eutrophication) ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การจำแนกสารตามประเภทของผลกระทบ

3) การกำหนดบทบาท (Characterization) คือ การแปลงข้อมูลที่ถูกจำแนกประเภท ว่าก่อให้ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางด้านใดแล้วจากขั้นตอนที่ 1 ให้อยู่ในรูปค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของสารดังกล่าวกับสารอ้างอิงพื้นฐานหรือที่เรียกว่า Equivalent or Characterization factors (EF) โดยสามารถหาได้จากสมการ

$$EP_j = \Sigma(Q_i \times EF_{ij}) \quad (1)$$

EP_j = (Environmental impact potential) คือค่าศักยภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม สำหรับผลกระทบประเภท j ใด ๆ (kg substance equivalent)

Q_i = (Quantity of substance) คือปริมาณมลภาวะสาร j ที่ปล่อยออกมา (kg substance j)

EF_{ij} = (Equivalency factor) คือค่าเทียบเท่าของสาร i ที่ทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j (kg substance equivalent/ kg substance j)

4) การหาขนาดของผลกระทบ (Normalization) คือ ขั้นตอนการแสดงขนาดของผลกระทบของผลิตภัณฑ์หรือการบริการที่ศึกษา กับขนาดของผลกระทบสิ่งแวดล้อมนั้นๆ ในระดับประเทศ ภูมิภาค ระดับโลก หรือกับผลิตภัณฑ์หรือบริการที่ต้องการอ้างอิง โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$NP_{j(product)} = EP_j / (T \times ER_j) \quad (2)$$

$NP_{j(product)}$= (Normalized environment impact potential) ค่าปกติทางศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆของผลิตภัณฑ์ (Person)

T = (Lifetime of product) คืออายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ (Year)

ER_j = (Normalization reference) คือค่าอ้างอิงปกติของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่ j ใดๆ ที่เกิดจากการกระทำของคนหนึ่งคนต่อปี (kg substance equivalent/person/year)

5) การให้น้ำหนัก (Weighting) คือ ขั้นตอนในการให้น้ำหนักความสำคัญของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น โดยค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมแต่ละชนิดจะต่างกันไป ขึ้นกับมุมมองของผู้ประเมินว่าจะกำหนดค่ามลภาวะ (Weighting Factor: WF) ว่าเป็นเท่าใด ซึ่งสามารถหาค่าได้จากสมการ

$$WP_j = WF_j \times NP_j \quad (3)$$

WP_j = (Weighted environmental impact potential) คือ ค่าศักยภาพผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใด ๆ หลังการให้ค่าน้ำ หนักความสำ คัญแล้ว (Person for target year: Pt.)

WF_j = (Weighting factor) คือค่าสัดส่วนน้ำหนักความสำคัญของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม j ใดๆ ในปีที่ตั้งเป้าหมายเอาไว้

การประเมินการได้มาของเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) แบบอากาศไหลลง (Down draft) ในบทความนี้สามารถใช้บ่งชี้ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นเฉพาะประเด็นด้านการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนเท่านั้น ไม่ได้นำผลกระทบสิ่งแวดล้อมในประเด็นอื่นๆมาร่วมประเมินด้วย โดยบัญชีรายการและค่าแฟคเตอร์แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 บัญชีรายการและค่าแฟคเตอร์การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

ขั้นตอน	ชื่อ	หน่วย	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$ /หน่วย)	แหล่งอ้างอิงข้อมูล	ปริมาณ
จัดหาวัตถุดิบ/การประกอบชิ้นส่วน					
	- เหล็กหล่อ	kg	1.6382	Ecoinvent 2.2, IPCC2007 GWP 100a [5]	1,335
	- Electricity	kWh	0.6093	Thai national database [5]	3,000
การขนส่ง					
	- รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading	tkm	0.1240	Thai national database [5]	5
	- รถกระบะบรรทุก 6 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 8.5 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading	km	0.4246	Thai national database [5]	5

เมื่อคิดเป็นการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปีต่อการผลิตไฟฟ้า โดยกำหนดให้ระยะเวลา 24 ชั่วโมง 330 วัน พบว่า ระบบปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าประมาณ 0.0511 คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ($kgCO_2eq/kWh$)

วิจารณ์และสรุปผลการศึกษา

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น ขนาด 10 kW มีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ 4,047.01 $kgCO_2eq$ หรือ 0.0511 $kgCO_2eq/kWh$ เมื่อเปรียบเทียบกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าประจำปี 2553 [4] โดยใช้วิธีการคำนวณตาม Methodological Tool (Version 02.2.1) "Tool to calculate the emission factor for an electricity system" ผลการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตพลังงานไฟฟ้า มีค่าเท่ากับ 0.5113 kgCO2/kWh ส่วนค่าEmission Factor ตามประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม [5] พบว่า ระบบไฟฟ้ามีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.6093kgCO2/kWh อย่างไรก็ตาม ระบบแก๊สซิฟิเคชั่นยังไม่ได้คำนวณเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าซึ่งตามทฤษฎีจะตัดออก (Cut 0ff) แต่หากเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลที่ปลูกเพื่อเป็นพลังงานจะต้องนำมาคำนวณด้วย และยังไม่ได้รวมสารขาออก เช่น ผลกระทบทางอากาศ น้ำเสีย เศษขี้เถ้า นอกจากนี้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นที่ใช้ในการศึกษาอาจเป็นเทคโนโลยีเฉพาะทางและศึกษาเพียงสารที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนไม่ได้รวมผลกระทบด้านอื่นๆ ซึ่งผู้วิจัยจะมีการศึกษาในโครงการวิจัยต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย เรื่อง "การประเมินวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน (ระยะที่ 1)" โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2554. รายงานการพลังงานทดแทนของประเทศไทย ปี 2554. ISSN1686-5170.
[2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2555. รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2555.
[3] สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. คู่มือการจัดทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์. สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย นนทบุรี, 2547.
[4] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). 2556. รายงานสรุปผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยประจำปี 2553
[5] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). 2556. ค่าEmission Factor ตามประเภทกลุ่มอุตสาหกรรม ปี 2556